ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十二卷　　第 三 期

目　　次

利用紅外線熱像技術遙測缺水對水稻(臺農67號)植被垂直剖面輻射溫度之影響 ......楊純明… 153
水稻臺稉9號與臺農67號生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係 ......羅正宗　陳一心… 166
有機資材氮礦化特性研究 ......林毓雯　劉滄棽　王鐘和… 178
日本水稻品種Shiokari及其矮性近同源系深播幼苗特性之變異 ......楊淑如　李長沛　吳詩都　曾富生…191
楊桃新品種臺農二號-正港 ......劉碧鵑　王德男　劉政道…207
不同辣椒品系辣味成分之分析及其加工 ......羅淑卿　王三太…218
利用酵素去除葡萄柚汁苦味之成分 ......簡伯容　徐源泰　楊淑惠…228
玉米幼苗乾物累積重與銨同化酵素活性間之相關 ......謝光照　曹文隆　吳慧茹　盧煌勝…238

中華民國九十二年九月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:153~165 (2003)

利用紅外線熱像技術遙測缺水對水稻(臺農 67 號)植被垂直剖面輻射溫度之影響[1]

楊純明[2,3]

摘　　要

楊純明。2003。利用紅外線熱像技術遙測缺水對水稻(臺農 67 號)植被垂直剖面輻射溫度之影響。中華農業研究 52:153-165。

本項研究分析位於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場試區之 1998 年一、二期稻作，經土壤缺水處理水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被之垂直剖面二維熱紅外線輻射溫度影像資料，以探討土壤水分潛勢下降對植被垂直剖面不同高度輻射溫度之作用，並比較對植被溫度與氣溫或地表輻射溫度差異之改變。根據熱像資料分析結果，發現水稻植被輻射溫度受到外界環境影響，且土壤缺水將造成植被輻溫度的上升。將植被垂直剖面自地面起至最上臨界空氣表層均分成十等份(層)，各層溫度皆顯示土壤缺水引起溫度上升的現象，兩期稻作皆然，且愈近地面缺水引起增溫效果愈大。又在本試驗環境的正常土壤水分狀態下，植被溫度通常低於氣溫及地溫，當土壤水分潛勢(Ψsoil)下降至約-0.25 MPa 時，近地面植被層輻射溫度將大於氣溫，當 Ψsoil 下降至約-0.75 MPa 時，最上表層植被輻射溫度將大於氣溫。近地面植被層輻射溫度約在 Ψsoil 低於-0.20 MPa 時高於地溫，最上表層植被溫度則在 Ψsoil 低於-1.50 MPa 時高於地溫。在 Ψsoil 高於-0.04 MPa 時，植被剖面各不等垂直高度的輻射溫度相近，當缺水使 Ψsoil 低於-0.04 MPa 時，植被垂直剖面即呈現愈近地面輻射溫度愈高之趨勢，一、二期稻作結果雷同。

關鍵詞：遙測、水稻植被垂直剖面、輻射溫度、土壤缺水、紅外線熱像技術。

前　　言

自 1970 年代以來遙測科技發展十分迅速，軟硬體均有長足進步，也被普遍應用在多元產業層面。目前農業生產過程中的生理現象、生育進展、逆境評估及自然資源經營管理等，皆已採行不同類型的遙測技術輔助，助益於生產流程效率改進及效能提升。無論係近地面、機載或空載遙測平台，光譜遙測技術主要在於量測太陽光輻射的反射光譜，藉由對特定光譜波段的分析以萃取出所需光譜資訊，達到擷取被測物現行狀態資料的目的，俾進行下一步對應處置。通常在構建一遙測系統以為應用之前，都需要實施近地面偵測，建立地真(ground truth)資料庫為作業基礎(Idso *et al.* 1977)。

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第 2159 號。接受日期：92 年 4 月 24 日。
2. 本所農藝組研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23396057。

紅外線熱像技術(infrared thermal imagery)或稱熱紅外線影像技術(thermal infrared imaging technique)爲遙測技術之一種，係用以偵測被測物二維空間的紅外線輻射溫度，並可藉由電腦虛擬顏色描繪出被測物的熱溫影像。Inoue(1990)曾藉由紅外線熱像技術探討作物生理狀態，且據以區分逆境造成之差異。蘇&楊(1998)利用紅外線熱像技術檢測水稻生育期間之植被(冠)溫度的變化，並繪出氣溫對植被溫度之效應及對氣溫與植被溫度之溫差的影響。Yang(1998)則進一步闡述水稻植被溫度之季節變化，顯示紅外線熱像技術爲追蹤作物植被溫度升降之可靠物理性方式。Yang *et al.* (2000)亦曾利用紅外線熱像技術近地面遙測盤固草的植被輻射溫度，比較及追蹤盤固草生長季節內的溫度改變，另指出土壤背景效應對未完成覆蓋植被溫度量測之干擾。

水，雖然是地表上最普遍而大量存在的資源，卻也是限制農業生產的主要物質。一般言之，農作物由根系吸收土壤水分，以蒸散作用機制將水分經由莖桿至葉片散失。在水分蒸散傳導過程中，植體各部位自外界光輻射吸收的熱能得以交換，將水分子以蒸汽型式逸釋至大氣，使得過高植被溫度散失而降溫，維持適當的植被溫度進行各項生理活性(Gates 1964)。尤其在停滯的週遭空氣層及低風速的狀況下，蒸散作用的散熱功能更是葉部維持合適溫度的主要機能，因爲此時植體內外的蒸汽壓差將微不足道，難以將過高的植被溫度散失(Gates 1964)。因此，葉溫或植被溫度成爲顯示作物生理狀況及對環境反應的良好指標，彰顯環境因子如光輻射、氣溫、氣流運動及可利用水分的狀態和動態(Tanner 1963; Gates 1969)。

吾人可利用紅外線熱像技術呈現農作物植被的二維空間輻射溫度狀況與變異，亦可加以追蹤其時空變化(Inoue 1986; Yang 1998)。如此，將可以快速、不間斷而非破壞性的偵檢農作物族群生理狀況，評估環境的影響，獲得全面現況資訊，達到早期警示與及早採行因應對策的功效。舉例而言，一般採行之形態改變(如葉片捲縮指數、葉色)及生理性狀(如氣孔導度、光合作用、蒸散作用、葉片水分潛勢)評估植體水分狀態，常有取樣數過少而誤差過大缺點，且有耗力費時緩不濟急情事(Meyer *et al.* 1985; O'Toole *et al.* 1984)。若改採紅外線熱像技術，則前述缺失將迎刃而解，取得族群植被水分狀態完整資料(Idso *et al.* 1981; Jackson *et al.* 1981; O'Toole *et al.* 1984; Pinter Jr. *et al.* 1979)。

本文研究乃以水稻植被之垂直剖面二維熱紅外線溫度影像資料，探究土壤水分潛勢下降對植被剖面不同高度輻射溫度之作用，比較缺水對植被溫度與氣溫或地表輻射溫之溫差影響，並討論其生理意義。

材料及方法

本項田間試驗係在臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場(24°02'N, 120°42'E,海拔高度 85 m)進行，包括 1998 年一期作及二期作。參試水稻品種臺農 67 號以南北向插植於壤質土壤試區，酸鹼值 5.30，行株距 0.3 m x 0.15 m，稻株密度約 220,000 hill ha^{-1}。栽培管理採行慣用法，插秧時以臺肥 39 號複合肥料(顆粒，N:P_2O_5:K_2O=12%:18%: 12%，臺灣肥料公司，高雄市)400 kg ha^{-1} 爲基肥，插秧後 3-4 週施用硫銨(21%顆粒)200 kg ha^{-1} 爲追肥，抽穗前 2-3 週施用尿素(46%顆粒) 100 kg ha^{-1} 爲穗肥。又以除草劑 butachlor-benthiocar (8%顆粒) 30 kg ha^{-1} 用量施用於插秧後一週內，並於施用追肥前實施人工除草一次。另以 triphenyltin acetate (2%顆粒) 15-20 kg ha^{-1} 防除福壽螺。

1998 年一期作在 5 月 1 日(穗形成期)進行停灌處理，分別於 5 月 12 日及 14 日兩天偵測水稻植被之垂直剖面輻射溫度。其中 5 月 12 日有對照區(CK)、-0.23 MPa 及-0.50 MPa 等三種土壤水分潛勢等級，5 月 14 日有 CK、-0.22 MPa、-0.25 MPa 及-0.55 MPa 等四種土壤水分潛勢等級。5 月 15 日上午將停灌處理區恢復灌水，5 月 16 日再偵測水稻植被之垂直剖面輻射溫度，計有 CK、-0.02 MPa、-0.02 MPa 及-0.03 MPa 等四種等級。1998 年二期作則在 9 月 22 日進行停灌處理，另於 10 月 7 日選擇二區恢復灌溉，分別於 10 月 2 日及 8 日兩天偵測水稻植被之垂直剖面輻射溫度。10 月 2 日時計有 CK、-0.25 MPa、

-0.80 MPa 及-1.50MPa 等四種等級，10 月 8 日則有 CK、-0.04 MPa、-0.18 MPa、-0.35 MPa 及-0.15 MPa 等五種等級。每期作皆設置對照區，採行正常灌溉區，維持飽合土壤水分含量以上。缺水處理區埋設阻力式石膏塊(soilmoisture blocks #5201, Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA)，距土表深度 0.20 m, 以阻力測計(model-5910A, Soilmoisture Meter, Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA)讀值換算水分潛勢測值。

水稻植被垂直剖面之輻射溫度係以熱紅外線影像輻射儀(thermal infrared imaging radiometer, 8-12μm, model-760, Inframetrics Inc., Massachusetts, USA)量測(參見蘇&楊 1998; Yang 1998; Yang *et al.* 2000)，於近午時刻(11:00-12:00 LST)晴朗時段攝取植被熱像(自地表至臨界大氣表層之植被垂直剖面)。量測前刈除試區 2-3 邊行稻株，以接近水平角度自約 30 度側向使成連續平面攝取植被垂直剖面熱像(thermograms)，每一土壤水分等級自不同位置攝取三張重覆熱像(各張時間間隔小於 1 min)，每張熱像約涵蓋稻株 3-4 叢。將每一張熱像計算平均輻射溫度(T_{canopy})，又將每張熱像自地表起至臨界大氣垂直剖面均分爲 10 區間，分別計算各區間平均輻射溫度及全剖面平均溫度，再由三重覆值計算均值及標準差。由於每張熱像中均涵蓋部分地表，地溫(T_{ground})即由此萃取及計算。熱像資料由 ThermaGRAM 軟體 (Thermoteknix System Ltd., Cambridge, England)進行分析，將輻射值轉換成溫度值，並計算區間輻射溫度測值。氣溫與植被輻射溫度之溫差($T_{air-canopy}$)及地溫與植被輻射溫度之溫差($T_{ground-canopy}$)，均由上述相對應測值計算。本試驗量測植被輻射溫度期間，風速小於 2 m s^{-1}，相對濕度 50-75%。

本項熱紅外線影像輻射儀精確度達 0.05℃，敏感度達 0.1℃，系統包括 1X 標準光電掃描鏡頭、輻射儀本體、連接光纖電纜及 12 V 可充電電池。掃描鏡頭具有 15° FOV (field of view)垂直視角及 20° FOV 水平視角，瞬間視角(IFOV) 爲 2 milliradians (mr)。因此，每一視窗(frame)具有 175 個水平紅外線熱點(horizontal infrared elements)及 131 條垂直像線(infrared vertical lines)，取樣率則爲每像線 256 像元(pixels per line)及 131 像線，每張熱像總計超過 33,536 像元(ThermaGRAM User Manual, 1995)。爲簡化量測流程，將放射率(emissivity)設於 0.98，入射光輻射穿透率(external optics transmission)設爲 1，溫度範圍定爲 10°C。背景溫度同氣溫(T_{air})，於量測植被溫度時測定並輸入，由熱紅外線影像輻射儀偵測皺摺鋁箔輻射溫度代表之。輻射儀由 Inframetrics 公司以不同溫度標準黑體校正，於常態型(Normal Mode)之測溫範圍爲-20°C 至 400°C。所攝取之熱像資料，可即時儲存於 3.5"之 1.44 MB 光學磁片，隨時抽換使用。

結　果

由 1998 年一、二期稻作土壤缺水處理之田間試驗資料，發現水稻族群植被垂直剖面之平均熱紅外線輻射溫度隨著土壤水分潛勢的下降而升高(圖 1)，顯示缺水將提高水稻植被溫度，而且在一、二期稻作有類似表現。又在相同土壤水分潛勢等級，變異幅度可達 28%。

比較水稻植被垂直剖面不等高度層之溫度變化，發現無論何種植被垂直高度層之輻射溫度，皆因土壤缺水影響而升高溫度，愈近地表則溫度愈高(圖 2)，兩期作表現雷同。在土壤水分潛勢高於-0.04 MPa 時，水稻植被垂直剖面不同高度層間之輻射溫度幾無顯著差異(圖 3A 及 3B)。當土壤水分潛勢低於此值時，將同時提高各不同高度植被層的溫度。

在本項試驗之正常水分狀態下，兩期作水稻植被溫度通常低於週遭氣溫，使得氣溫與植被溫度間之溫差維持正值(圖 4)。當土壤水分潛勢(Ψsoil)下降至約-0.25 MPa 時，近地面植被層輻射溫度將大於氣溫，而當 Ψsoil 下降至約-0.75 MPa 時，最上表層植被輻射溫度將大於氣溫。

水稻植被溫度與地溫的關係繪於圖 5，近似於前項，在氣溫約低於 35°C 以下，正常水分狀態下植被溫度多低於地表溫度，尤以距離地面最上層爲然。約在 Ψsoil 低於-0.20 MPa 時，近地面植被層之輻射溫度將高於地溫，在 Ψsoil 低於-1.50 MPa 時，最上植被層溫度則將高於地溫。

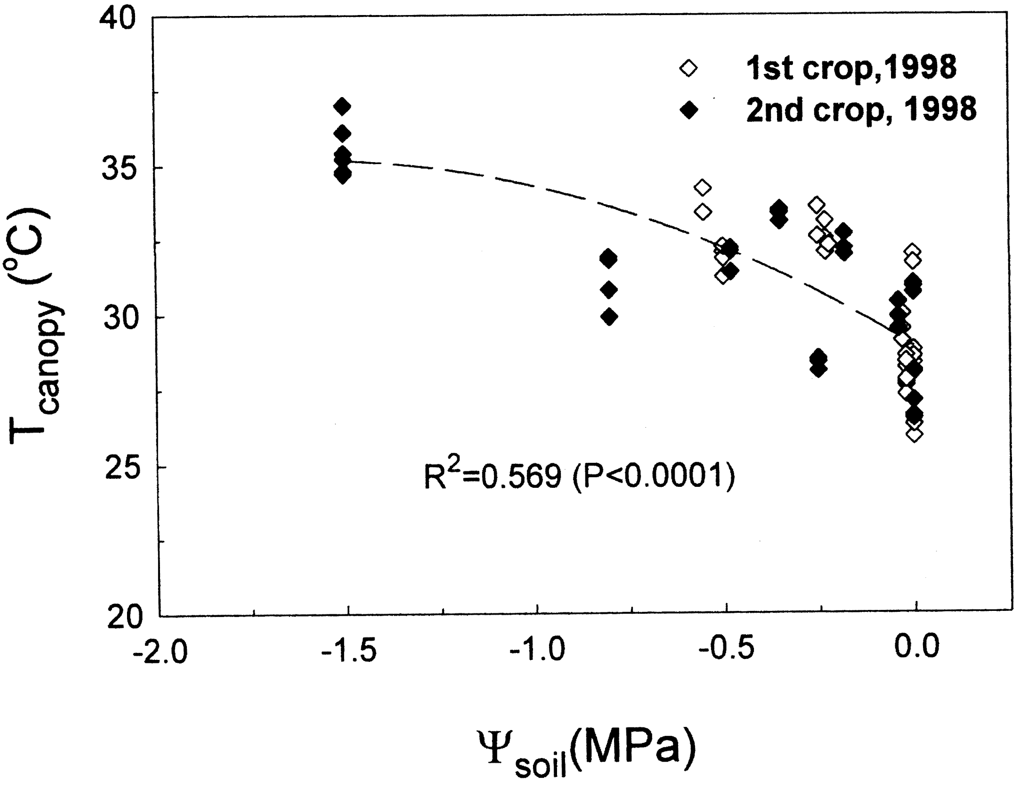


圖 1. 1998 年一、二期稻作之田間試驗水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被垂直剖面之平均輻射溫度隨土壤水分潛勢之變化。.

Figure 1. Changes of canopy vertical profile mean radiant temperature in response to soil water potential for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown in the first and the second cropping seasons of 1998.

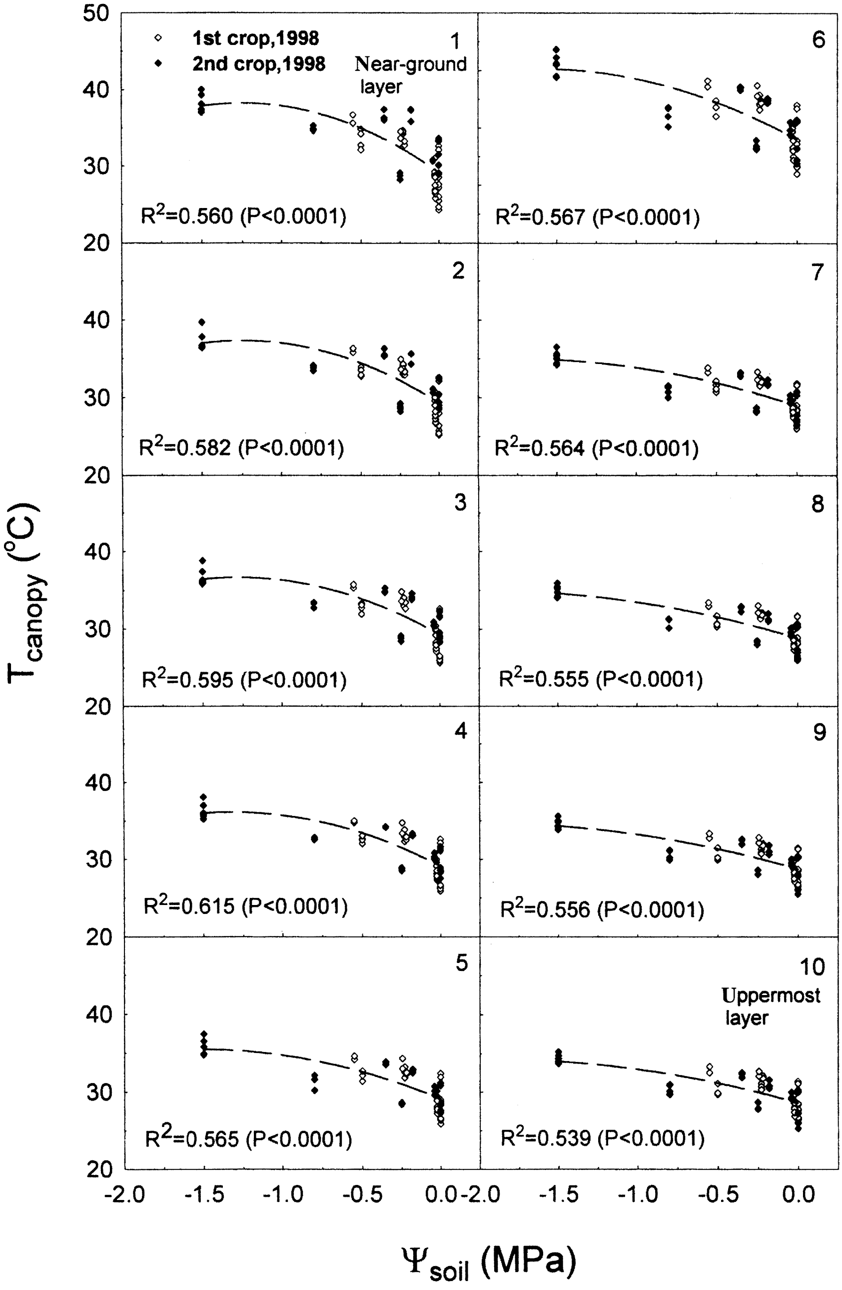


圖 2. 1998 年一、二期稻作之田間試驗水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被垂直剖面不同高度層之平均輻射溫度隨土壤水分潛勢之變化。

Figure 2. Changes of mean radiant temperatures calculated from different canopy vertical layers in response to soil water potential for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown in the first and the second cropping seasons of 1998.

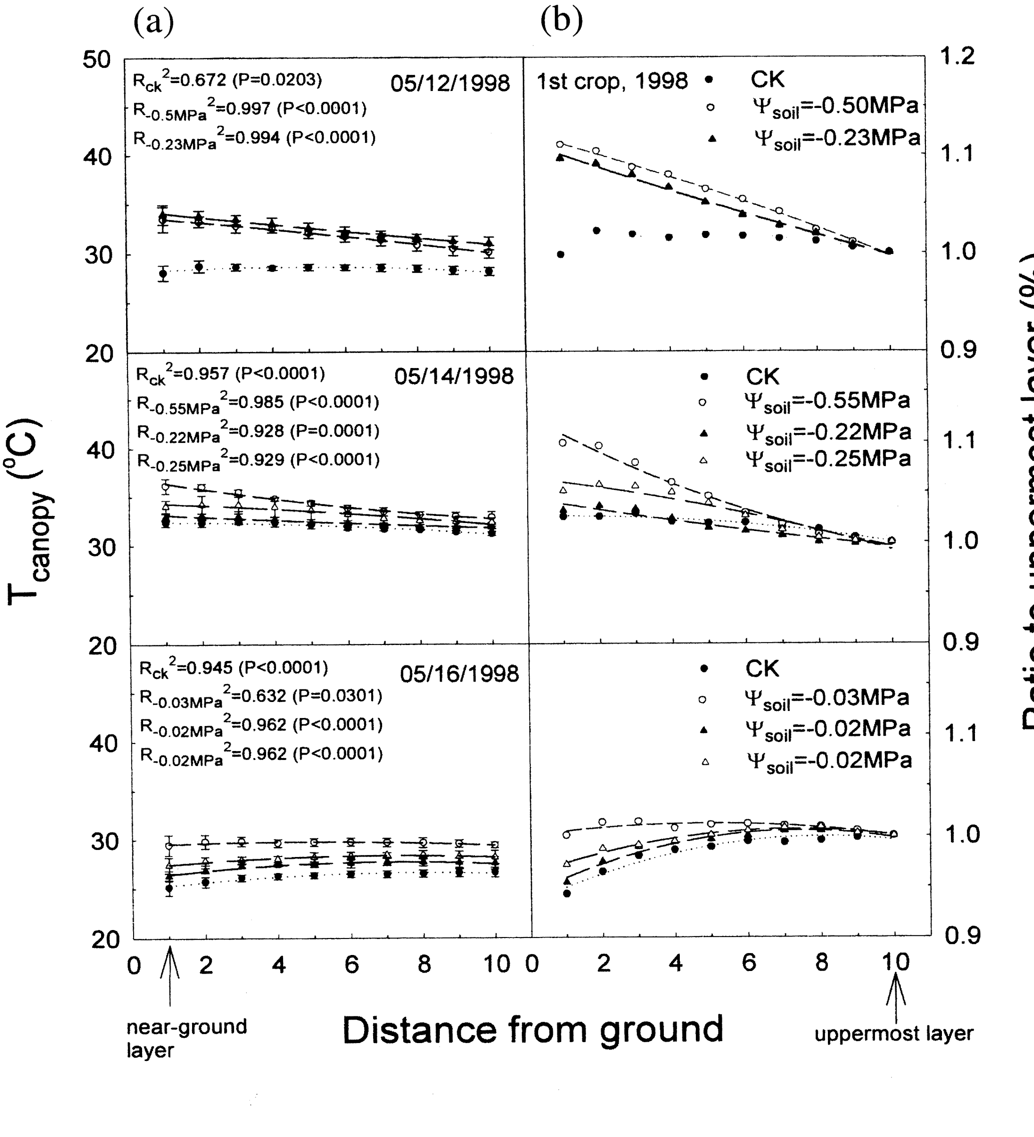


圖 3A. (a)1998 年一期稻作之田間試驗水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被垂直剖面不同高度層之平均輻射溫度及(b)其與最上位臨界空氣植被層平均輻射溫度之比值在不等土壤水分潛勢之變化。

Figure 3A. (a)Changes of mean radiant temperatures calculated from different canopy vertical layers and (b)ratios of mean radiant temperatures from different canopy vertical layers to mean radiant temperature of the uppermost layer at varied soil water potentials for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown in the first cropping season of 1998.

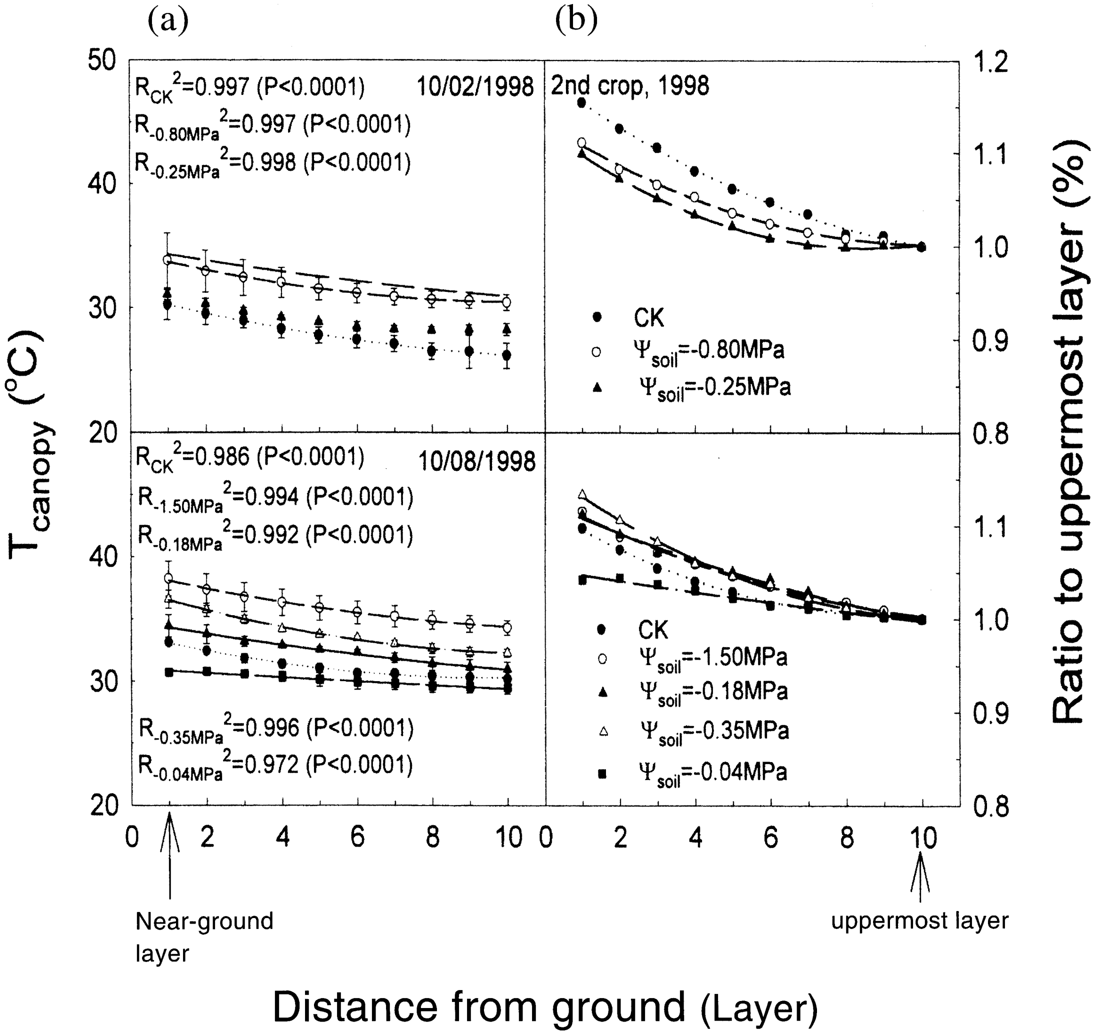


圖 3B. (a)1998 年二期稻作之田間試驗水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被垂直剖面不同高度層之平均輻射溫度及(b)其與最上位臨界空氣植被層平均輻射溫度之比值在不等土壤水分潛勢之變化。

Figure 3B. (a)Changes of mean radiant temperatures calculated from different canopy vertical layers and (b)ratios of mean radiant temperatures from different canopy vertical layers to mean radiant temperature of the uppermost layer at varied soil water potentials for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown in the second cropping season of 1998.

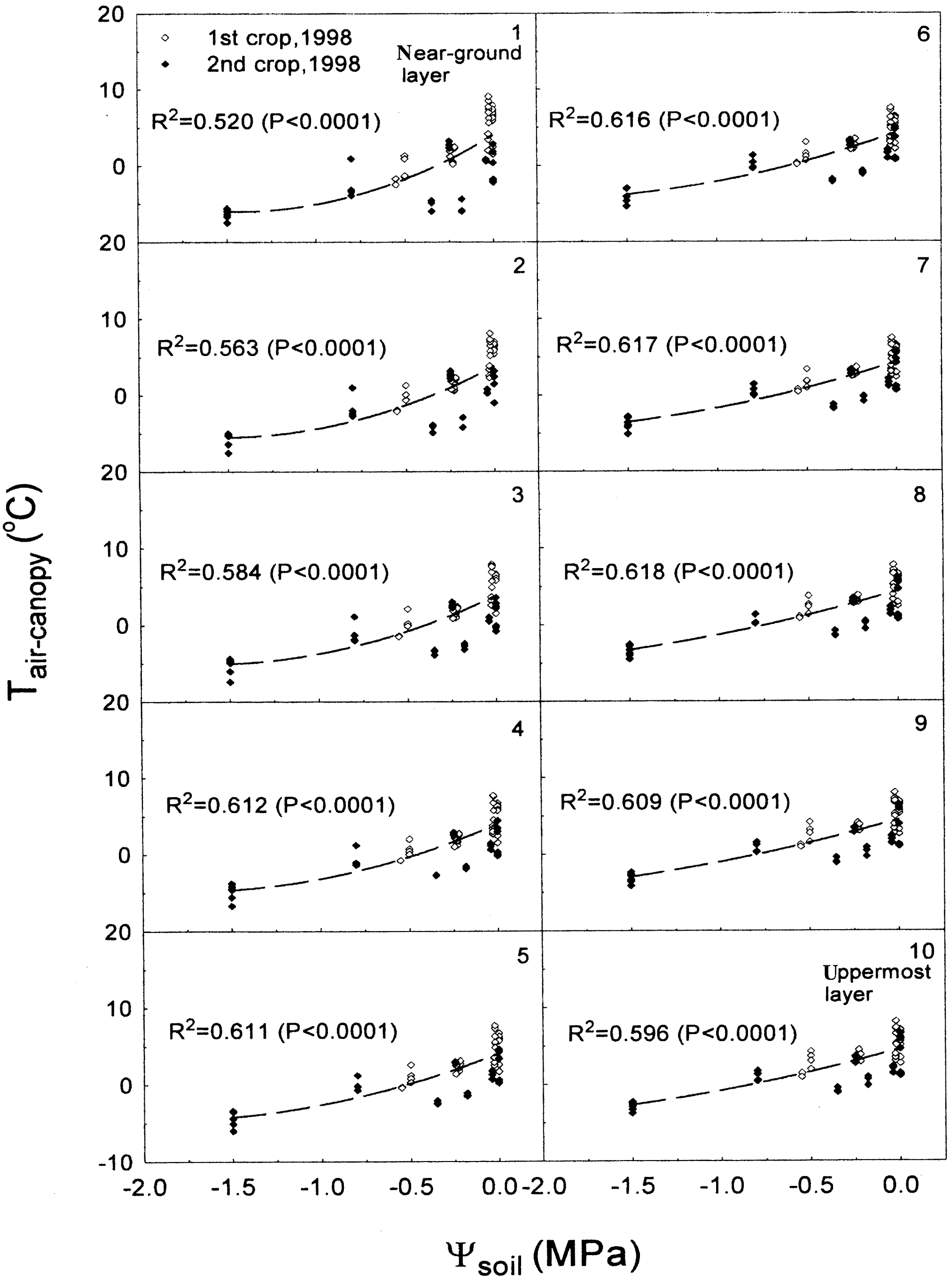


圖 4. 1998 年一、二期稻作之田間試驗水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被垂直剖面不同高度層之平均輻射溫度與氣溫之溫差隨土壤水分潛勢之變化。

Figure 4. Changes of temperature differences between air temperature and mean radiant temperatures calculated from different canopy vertical layers in response to soil water potential for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown in the first and the second cropping seasons of 1998.

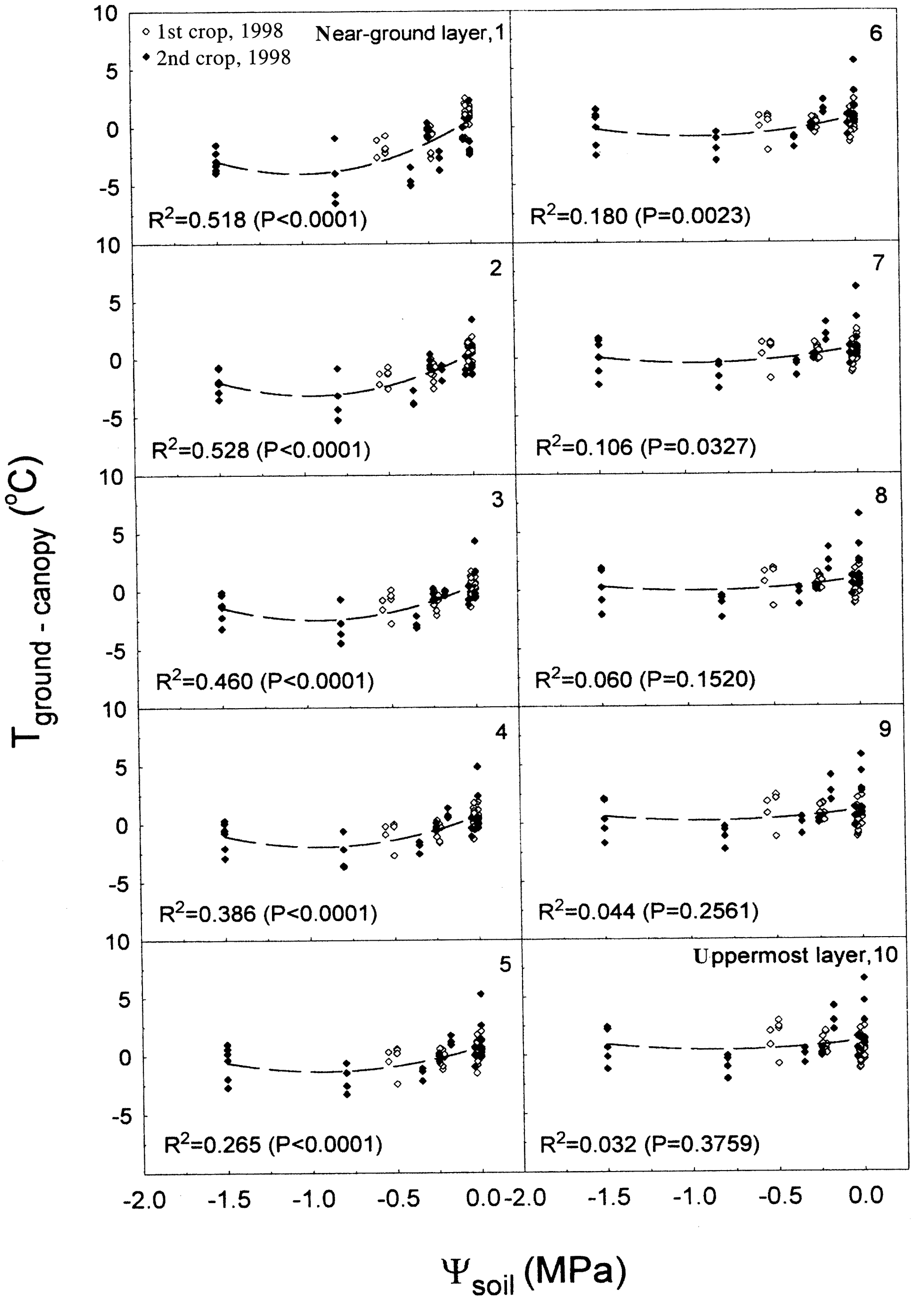


圖 5. 1998 年一、二期稻作之田間試驗水稻(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)植被垂直剖面不同高度層之平均輻射溫度與地溫之溫差隨土壤水分潛勢之變化。

Figure 5. Changes of temperature differences between ground temperature and mean radiant temperatures calculated from different canopy vertical layers in response to soil water potential for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown in the first and the second cropping seasons of 1998.

討 論

本研究分析 1998 年一、二期稻作田間試驗之水稻族群植被垂直剖面熱紅外線輻射溫度，首先探討土壤缺水處理造成之土壤水分潛勢下降對植被垂直剖面輻射溫度之影響。經比較處於不等土壤水分潛勢之植被平均輻射溫度，發現水稻植被垂直剖面之平均輻射溫度隨著土壤水分潛勢的下降而升高(如圖 1)，顯示缺水將提高水稻植被溫度的結果，且一、二期作表現皆然，佐證缺水降低作物植體蒸散流量導致植體溫度上升的論證(Tanner 1963; Inoue 1990)。除了水分，凡能影響農作物蒸散作用的氣象因子，如日射量、氣溫、風速、濕度等，均會影響蒸散進行而改變作物植被溫度。由之亦可看出，在相同土壤水分潛勢等級，環境的變化將引起植被溫度的變異，變異幅度可能高達 28%之多。這種針對作物植被輻射溫度變化與土壤水分狀態關係的偵測，使得紅外線測溫技術可被利用於農作物灌溉系統的管理與追蹤(Millard *et al.* 1978)。

其次，就水稻植被垂直剖面溫度的改變上，發現無論何種植被垂直高度層之輻射溫度，皆受到土壤缺水的影響而使得溫度升高，且缺水增溫的效果有愈近地表愈高的現象(如圖 2)，在兩期作的表現類似。經繼續分析各調查日期的資料，當土壤水分潛勢高於-0.04 MPa 時，水稻植被垂直剖面不同高度層間之輻射溫度幾無顯著差異(如圖 3A 及 3B)。當土壤水分潛勢低於此值時，將同時提高各不同高度植被層的溫度，而愈近地面之垂直植被層之輻射溫度愈高。顯示土壤缺水有降低作物植體蒸散流量的效應，減少了植被垂直剖面各高度層溫度的發散，無法如正常水分狀態植株之降溫幅度，致使各層的溫度均上升。而當缺水使得植被溫度高達某一程度，作物爲減少水分逸失將關閉氣孔，此舉將限制蒸散與光合作用的進行，而關閉氣孔及降低蒸散則又反饋造成植被溫度的上升(Inoue 1990)。其他文獻報告亦指出，處於限制水量供應的作物葉片溫度高於充分水量供應者(Ehrler 1973; Gates 1969; Pinter Jr. *et al.* 1979; Tanner 1963; Wiegand & Namken 1966)，在長期缺水下更將使產量降低(Idso *et al.* 1977; Ehrler *et al.* 1978)。

又在本試驗之正常水分狀態下，兩期作水稻植被溫度通常低於週遭氣溫，使得氣溫與植被溫度間維持正值溫差(如圖 4)。顯見常態下氣溫與植被溫度具有連動關係，農作物能夠調節大量的蒸散流量，維持植被表面的能量平衡而保持植被溫度的穩定，若無此一蒸散降溫機制，植被溫度將高於現行觀測溫度(Gates 1964)。惟當作物生長於高溫強光照環境時，白天植體溫度仍有可能高於氣溫(Tanner 1963)。此外根據圖 4 資料，當土壤水分潛勢(Ψsoil)下降至約-0.25 MPa 時，近地面植被層輻射溫度將大於氣溫，而當 Ψsoil 下降至約-0.75 MPa 時，最上表層植被輻射溫度將大於氣溫。此一現象反應出臨近大氣的植被最上層具有最高的蒸散降溫效果，符合理論邏輯，因爲流動的空氣快速帶走上層植被輻射溫度，而近地面的植被層由於蒸散時間落差及遲滯的氣流使其溫度較高於上層植被溫度。當土壤缺水減少蒸散流量促使蒸散熱交換減低時，將造成植被溫度升高(Tanner 1963)，氣溫與植被溫度間之溫差將轉爲負值，並隨著土壤缺水程度的增加而加大負值溫差。所以，缺水將改變氣溫與植被溫度間之互動，使得溫差關係由正轉負。Pinter Jr. *et al.* (1979)亦發現受到眞菌感染的甜菜及棉花葉片，其中午時分量測之葉片輻射溫度高於相鄰未顯示感染徵狀植株之葉片溫度。

水稻植被溫度與地溫的關係近似於前項，除非氣溫過高(約大於 35°C)，正常水分狀態下植被溫度多低於地表溫度，尤其最上層臨近大氣者(如圖 5)。然而約在 Ψsoil 低於-0.20 MPa 時，近地面植被層之輻射溫度將高於地溫，在 Ψsoil 低於-1.50 MPa 時，最上植被層溫度則將高於地溫。顯示在晴朗天氣的白天地溫多高於氣溫，愈接近地表的植被層受到地溫的影響愈大，因此在較高的土壤水分潛勢下即造成地溫與植被溫度間的溫差轉爲負值。

雖然植株不同部位或垂直或以不等角度面向入射光源，產生植被垂直剖面不均勻的光學特性，綜合本研究結果，仍顯示紅外線熱像技術可利用於探討農作物植被的垂直剖面溫度變化，藉由輻射溫度

的升降解釋氣溫及地溫的作用，並反應出土壤缺水導致減弱蒸散降溫的效果。同時經由垂直剖面不同高度層溫度的差異，可使吾人瞭解微氣象因子及環境改變對農作物植被垂直剖面溫度的效應，土壤缺水引起植被溫度上升的結果，以及蒸散作用在降低植體溫度上的功能。然而，若欲精準定量農作物植被的輻射溫度，則必須詳細測量植體各部位的放射率(emissivity)，同步追蹤氣溫、背景溫度及地溫的實際升降，才能精確估算實質植被溫度測值。而如果能夠同時取得植被溫度及吸收的入射輻射能，則可據以演算植被蒸散速率。

誌 謝

本文研究承蒙行政院農業委員會計畫經費(87 科技-1.1-糧-09(3)及 91 農科-1.3.2-農-C1)補助，特以致謝。紅外線熱像資料分析由賴小麗小姐協助參與，一併致上衷心謝忱。

引用文獻

蘇慕容、楊純明。1998。熱紅外線輻射影像檢測水稻生育期植冠溫度之變化。中華農藝 8:29-38。

Anonymous 1995. ThermaGRAM 95 Infrared Image Processing Software Manual. Thermoteknix Systems Ltd., Cambridge, England. 126 pp.

Ehrler, W. L. 1973. Cotton leaf temperatures as related to soil water depletion and meteorological factors. Agron. J. 65:404-409.

Ehrler, W. L., S.B. Idso, R.D. Jackson and R.J. Reginato. 1978. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought. Agron. J. 70:999-1004.

Gates, D. M. 1964. Leaf temperature and transpiration. Agron. J. 273-277.

Gates, D. M. 1969. Transpiration and leaf temperature. Annu. Rev. Plant Physiol. 19:211-238.

Idso, S. B., R. D. Jackson and R.J. Reginato. 1977. Remote-sensing of crop yields. Science 196:19-25.

Idso, S. B., R. D. Jackson, Pinter Jr., P. J., R. J. Reginato and J.L. Hafield. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. Agric. Meteorol. 24:45-55.

Inoue, Y. 1986. Remote-monitoring of the physiological and ecological status of crops. I. Analysis of thermal image of crop canopy. Jpn. J. Crop Sci. 55:261-268.

Inoue, Y. 1990. Remote detection of physiological depression in crop plants with infrared thermal imagery. Jpn. J. Crop Sci. 59:762-768.

Jackson, R. D., S. B. Idso, R. J. Reginato and R. J. Pinter, Jr., 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. Water Resour. Res. 17:1133-1138.

Meyer, W. S., D. Reicosky and N. L. Schaeffer. 1985. Errors in field measurement of leaf diffusive conductance associated with leaf temperature. Agric. For. Meteorol. 36:55-64.

Millard, J. P., R. D. Jackson, R. C. Goettelman, R. J. Reginato and S. B. Idso. 1978. Crop water-stress assessment using an airborne thermal scanner. Photogram. Eng. Remote Sens. 44:77-85.

O'Toole, J. C., N. C. Turner, O. P. Namuco, M. Dingkuhn and K. A. Gomez. 1984. Comparison of some crop water stress measurement methods. Crop Sci. 24:1121-1128.

Pinter Jr., P. J., M. E. Stanghellini, R. J. Reginato, A. D. Jenkins and R. D. Jackson. 1979. Remote detection of biological stresses in plants with infrared thermometry. Science 205:585-587.

Tanner, C. B. 1963. Plant temperatures. Agron. J. 55:210-211.

Wiegand, C. L. and L. N. Namken. 1966. Influences of plant moisture stress, solar radiation, and air temperature on cotton leaf temperature. Agron. J. 58:582;586.

Yang, C. M. 1998. Seasonal changes in radiometric temperature of rice vegetation cover. Chinese Agron. J. 8:193-201.

Yang. C. M., H. L. Lai, Y. M. Shy and R. H. Buu. 2000. Monitoring seasonal changes in canopy temperature of *Digitaria decumbens* Stent. By thermal infrared remote sensing. J. Photogram. Remote Sens. 5(1):55-72.

Remote Detection of Changes in Vertical Canopy Radiant Temperature for Rice (TNG 67) Plants Subjected to Water Deficits with Infrared Thermal Imagery[1]

Chwen-Ming Yang[2,3]

Summary

Yang, C. M. 2003. Remote detection of changes in vertical canopy radiant temperatures for rice (TNG 67) plants subjected to water deficits with infrared thermal imagery. J. Agric. Res. China 52:153-165.

This study was to analyze the 2-dimensional infrared thermal images of rice canopy vertical profile taken from rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown under soil water deficits in the first and the second crops of 1998. Changes of canopy radiant temperatures at 10 different vertical layers in response to soil water potential compared to air and ground radiant temperatures were also investigated. It showed that canopy temperature was affected by environmental conditions and was elevated by soil water deficiency in both crops. Radiant temperatures measured from 10 different layers of canopy vertical profile were all increased with increasing stress magnitude, especially temperature of near-ground layer. Generally canopy temperature was lower than ambient air temperature and ground temperature under well-watered condition yet may surpass them at certain stress levels. Temperature of the near-ground layer would be higher than air temperature when soil water potential (Ψsoil) dropped to -0.25 MPa. When Ψsoil decreased to -0.75 MPa, temperature of the uppermost layer would be greater than air temperature. Near-ground layer temperature surpassed ground temperature at Ψsoil below -0.20 MPa, and uppermost layer temperature would larger than ground temperature at Ψsoil below -1.50 MPa. When Ψsoil was higher than -0.04 MPa, no significant temperature difference was found between layers of vertical profile. When Ψsoil was reduced to less than -0.04 MPa, layer temperature was increased vertically toward the ground. The trend was similar in both crops.

Key words: Remote detection, Rice vertical canopy profile, Radiant temperature, Water deficits, Infrared thermal imagery.

---

1. Contribution No.2159 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : April 24, 2003.
2. Research Fellow/Senior Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung Taiwan, ROC.
3. Correponding author, e-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23396057.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:166~177 (2003)

水稻臺稉 9 號與臺農 67 號生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係 [1]

羅正宗 [2,3] 陳一心 [2]

摘 要

羅正宗、陳一心。2003。水稻臺稉 9 號與臺農 67 號生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係。中華農業研究 52:166-177。

本試驗於 2000 年在嘉義農業試驗分所之溪口試驗農場進行兩期作水稻試驗，參試材料爲臺農 67 號及臺稉九號品種，爲擴大水稻葉色變異範圍，利用三個氮肥等級(0, 90, 180 kg N ha^{-1})及三個栽植密度(11.1, 22.2, 44.4 plant m^{-2}，即行株距爲 30x30, 30x15, 15x15 cm)處理。葉色之測定工具爲葉綠素計，水稻成熟期進行產量、產量構成因素及糙米氮素含量之調查，據以探討一、二期作水稻不同生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係。結果顯示：不同生育期水稻葉色值與單位面積稻穀產量之關係，以抽穗前後兩週最密切。水稻四個產量構成因素與不同生育階段之葉色值的關係，均不及產量與葉色值間密切。水稻葉色與糙米氮素含量間的關係，以抽穗期至抽穗後一週的相關性最高, 兩期作不同生育期之葉色與糙米氮素含量均呈顯著的直線關係，唯關係密切程度稍有差異，本試驗結果顯示第一期作水稻抽穗期葉色與米粒氮素含量間的相關係數爲 0.80~0.91，而第二期作則爲 0.76~0.79，顯示兩者關係在一期作較爲密切。

關鍵詞：水稻、葉色、產量、氮素含量。

前 言

水稻米粒氮素含量爲有關食味與營養價值的重要特性；而與產量有關的分蘗及影響光合作用速率的葉片氮素濃度等特性，均受氮肥施用之影響。因此，在水稻生育過程中，氮素是影響產量及品質的重要因素(本庄 1971a，1971b；松崎等 1972；岡本＆堀野 1994；Tuner＆Jund 1991；Peng *et al.* 1993)。然而，與米粒氮素含量關係較密切之性狀間的相互關係，則常因供試材料的差異而不能得到一致的結果。因此，若能找到一生長特性與水稻米粒氮素含量的關係，能不受品種或其它因子而改變，則可利用於水稻生育期間作爲栽培參考，繼而進行水稻生產及米粒氮素含量之生育診斷技術的開發，岡本和堀野(1994)認爲水稻葉色即是一重要性狀。

過去曾有學者利用葉色作爲水稻葉片葉綠素含量、葉片營養狀況及乾物質生產之指標(稻田 1994b；Tuner＆Jund 1991; Peng *et al.* 1993; Ladha *et al.* 1998)，並且亦有利用測定全生育期葉色值之變

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2160 號。接受日期：92 年 5 月 9 日。
2. 本所嘉義農業試驗分所助理研究員、研究員兼農藝系主任。臺灣省 嘉義市。
3. 通訊作者，電子郵件：lojchung@dns.caes.gov.tw；傳眞機：(05)2698810。

動模式，以探討其與米質之關係(岡本&堀野 1994)。在臺灣雖有學者針對　型及秈型水稻葉色與葉片氮素濃度之關係進行分析(蔡 1982)，但尚未有以測定水稻葉色作爲生育診斷之途徑。因此，本試驗即以不同氮肥用量及栽植密度處理，期能擴大水稻葉色之變異範圍，並依此探討臺灣地區第一、二期作水稻不同生育期葉色之變化與稻穀產量及糙米氮素含量之關係。

材料與方法

本試驗於 2000 年第一期作及第二期作在農業試驗所之嘉義分所溪口試驗農場進行，參試材料爲臺農 67 號(TNG67)及臺稉九號(TK9)兩品種，爲擴大水稻葉色變異範圍，利用三個氮肥等級(0, 90,180 kg N ha^{-1})，及三個不同栽植密度(11.1, 22.2, 44.4 plant m^{-2}，即行株距爲 30x30, 30x15,15x15 cm)處理，田間採裂區設計，以氮肥等級爲主區，栽植密度及品種之兩因子的六個組合爲副區，三重複，氮肥之施用以整地時之基肥，分櫱期之追肥及幼穗分化時之穗肥三次均施。人工插植方式多本植，每小區 4.5x4.5 m^2。

葉色之測定以日本 MILNOTA 公司之 SPAD-502 型葉綠素計(chlorophyll meter)爲測定工具，依羅等(2000)所提出之測定葉片序位及部位的方式進行葉色值之測定，於插秧後待水稻生長至葉片寬度已超過葉綠素計感應器(2x3 mm^2)測定範圍(不含中肋)開始(一期作約於插秧四週後、二期作約爲插秧二週後)，每週調查一次，每次八株，直至成熟收穫爲止，齊穗期之前調查葉序及葉位爲植株最上第二完全展開葉之中段，齊穗期後則爲劍葉之中段。

水稻成熟期於每一副區逢機取 20 株作爲產量及產量構成因素之調查，並將調查後之穀粒脫殼碾製成糙米，以 micro-kjeldahl 分析法測定其氮素含量(Yoshida *et al.* 1976)。爲了解水稻全生育期葉色之變化，在各副區定期測得的葉色值(X_t)，先藉由時間(t，移植後日數)的二至四次多項式($f(t)=\beta_0+\beta_1 t+.....+\beta_q t^q$, $q=2,3,4$)進行平滑處理(smoothing)，據之逐日推估每日之水稻植冠葉色值。並以抽穗期爲基準日，探討抽穗前六週及抽穗後五週之葉色值與各副區稻谷產量、產量構成因素及米粒氮素含量之相關關係。本試驗所有的資料整理及統計分析工作均藉 SAS 統計分析軟體完成。

結　果

兩參試品種之葉色變化經平滑處理示如圖 1 及圖 2，顯示水稻全生育期之葉色變動於最高分櫱期及齊穗期有個兩高峰(一期作分別爲 60 及 120 天，二期作則爲 20 及 85 天)，但在不施氮肥處理的環境下，兩參試品種在齊穗期葉色值之高峰則趨緩，且兩期作環境下兩參試品種均有相同的反應。第一期稻作的環境下，水稻在高氮肥(180 kg N ha^{-1})栽培環境下，不同栽植密度處理間之葉色值差異較小；每公頃 90 公斤氮素或不施氮肥環境下，水稻葉色值會隨栽植密度之提高而明顯的降低。唯在第二期稻作環境下，生育初期水稻葉色之變異範圍較小，但此一現像隨生育日數之增加而改變，密植處理之水稻葉色明顯的降低。此外，在本試驗的處理條件下，兩參試品種之穀粒產量及米粒氮素含量亦具有相當大的變異範圍，兩參試品種之穀粒產量(gm^{-2})的變異範圍在第一期作爲 444~1069 及 488~1028，第二期作則爲 193~938 及 221~883。糙米氮素含量(%)的變異範圍在第一期作爲 1.59~2.33 及 1.59~2.41，第二期作則爲 0.92~1.67 及 0.88~1.63(表 1)。

表 1. 試驗資料之基本統計量

Table 1. Basic statistics of the surveyed data in 2000

Rice	Crop	Nitrogen content of brown rice (%)				Grain yield (g m^{-2})			
variety	season	Max	Min	Mean	STD	Max	Min	Mean	STD
TK9	1st	2.33	1.59	1.98	0.232	1069	444	725	167
	2nd	1.67	0.92	1.24	0.222	938	193	541	219
TNG67	1st	2.41	2.59	1.97	0.264	1028	488	744	164
	2nd	1.63	0.88	1.22	0.226	883	221	515	212

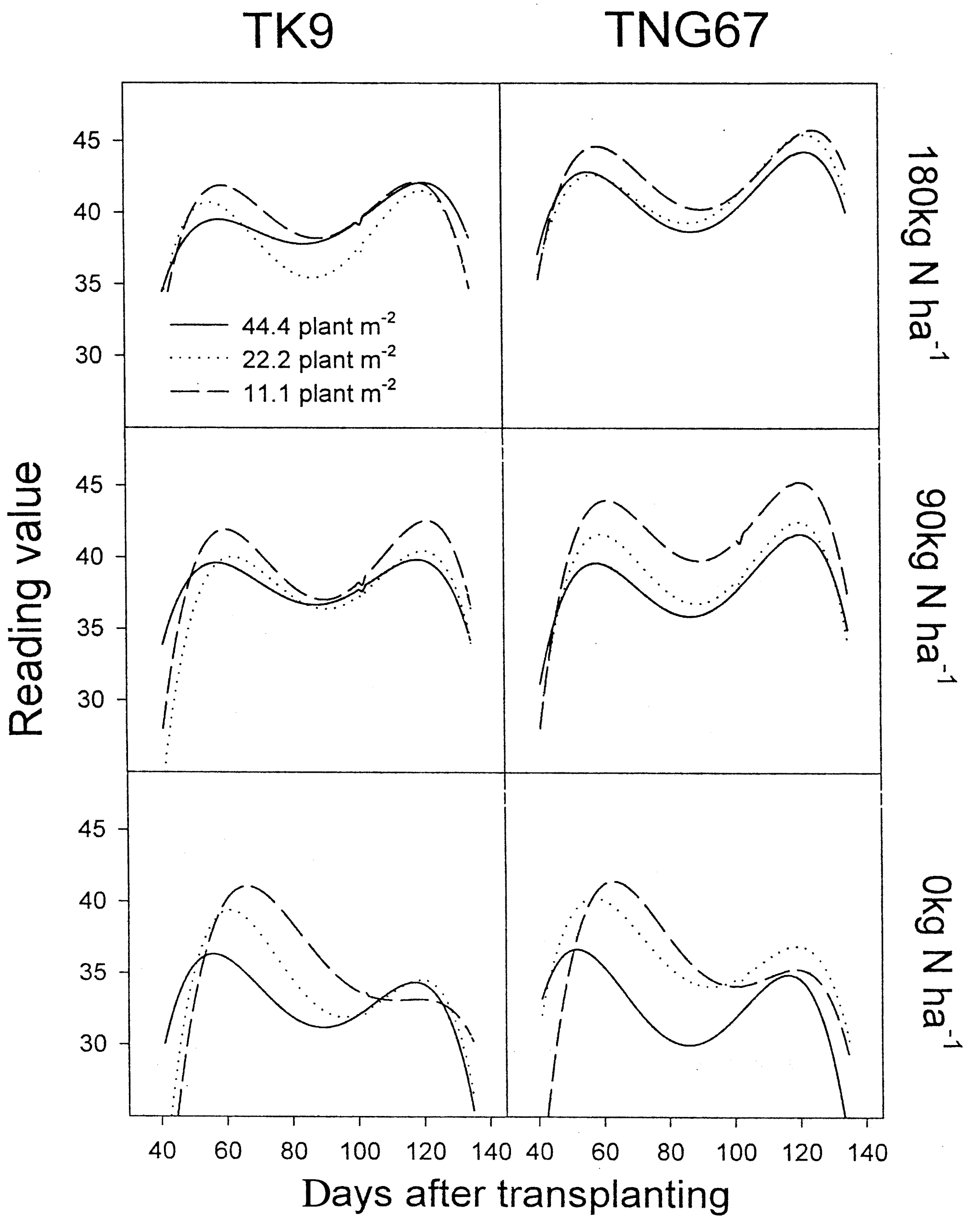


圖 1. 不同氮肥及栽植密度處理對水稻臺稉 9 號與臺農 67 號一期作不同生育期葉綠素計測定值之影響。

Fig.1. Dynamics of SPAD-502 reading value as affected by different application rate of N fertilizer and plant density over the growing season (1st crop season).

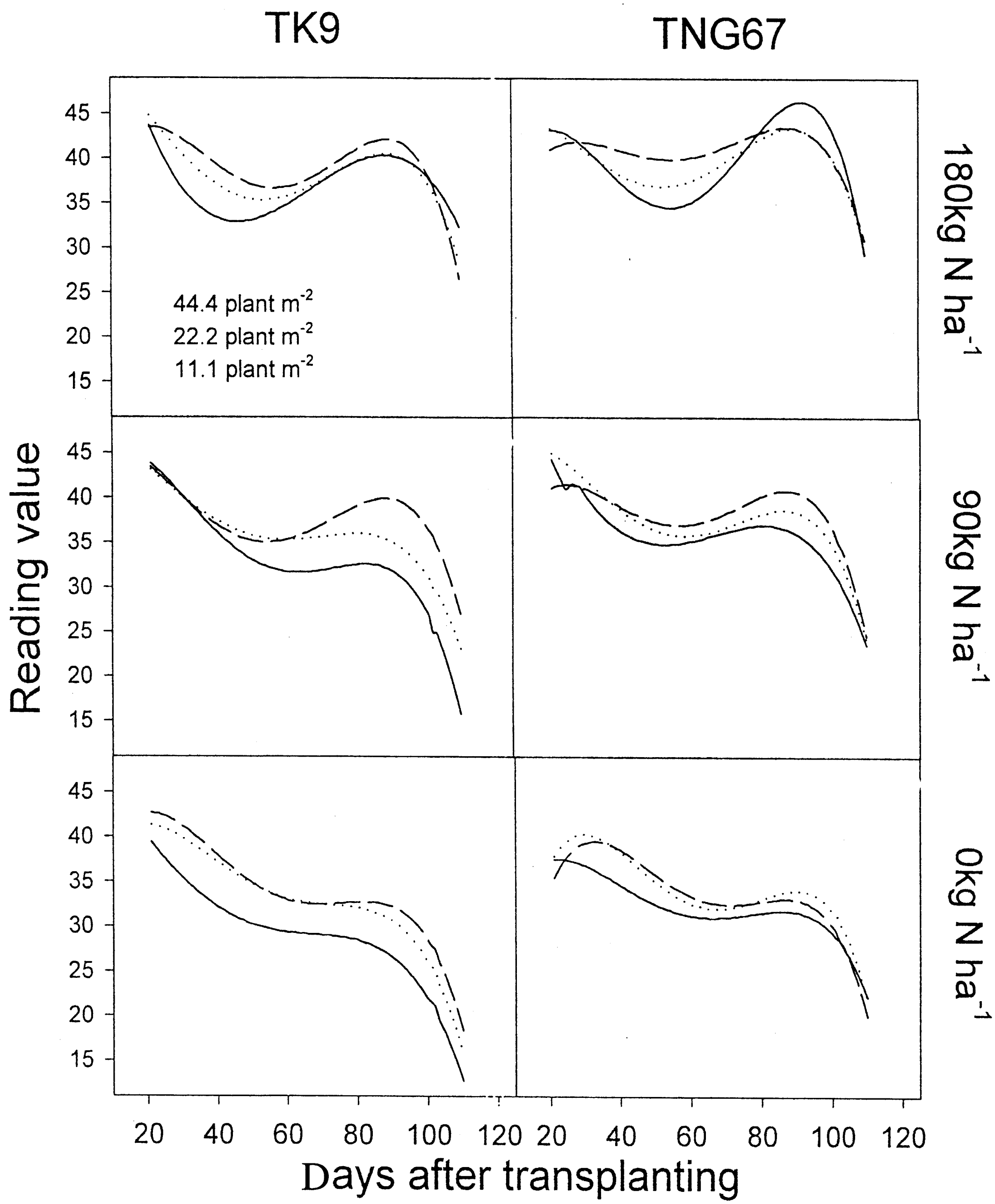


圖 2. 不同氮肥及栽植密度處理對臺稉 9 號與臺農 67 號水稻二期作不同生育期葉綠素計測定值之影響。

Fig. 2. Dynamics of SPAD-502 reading value as affected by different application rate of N fertilizer and plant density over the growing season (2nd crop season).

分析水稻不同生育階段之葉色值與單位面積稻穀產量之關係，結果顯示第一期作以抽穗至抽穗後兩週最密切(相關係數值 0.85~0.9)(圖 3)，第二期作則以抽穗前兩週最密切(相關係數值 0.75~0.85)，以第一期作有較高之相關係數值，參試品種間之表現均相似。另就水稻四個產量構成因素與不同生育階段的葉色值間之相關關係，發現水稻四個產量構成因素與不同生育階段之葉色值的關係(圖 4)，均不及產量與葉色值間之密切。稔實率及千粒重與水稻各生育期之葉色值的相關性均不密切，而單位面積穗數與抽穗期前後兩週之葉色的相關性較密切，每穗穎花數則於抽穗前五週至抽穗前一週與水稻葉色值關係較密切，且參試品種間之表現均相似(圖 4)。

不同生育階段水稻葉色值與米粒氮素含量間的關係(圖 5)，顯示兩期作於抽穗期至抽穗後一週的葉色值與糙米氮素含量間之相關性最高，唯關係密切程度稍有差異(圖 6)，本試驗結果顯示第一期作兩參試品種之抽穗期葉色與糙米氮素含量間的相關係數為 0.80 及 0.91，而第二期作則為 0.76 及 0.79，顯示兩者關係在第一期作較為密切，且參試品種間之表現均相似。

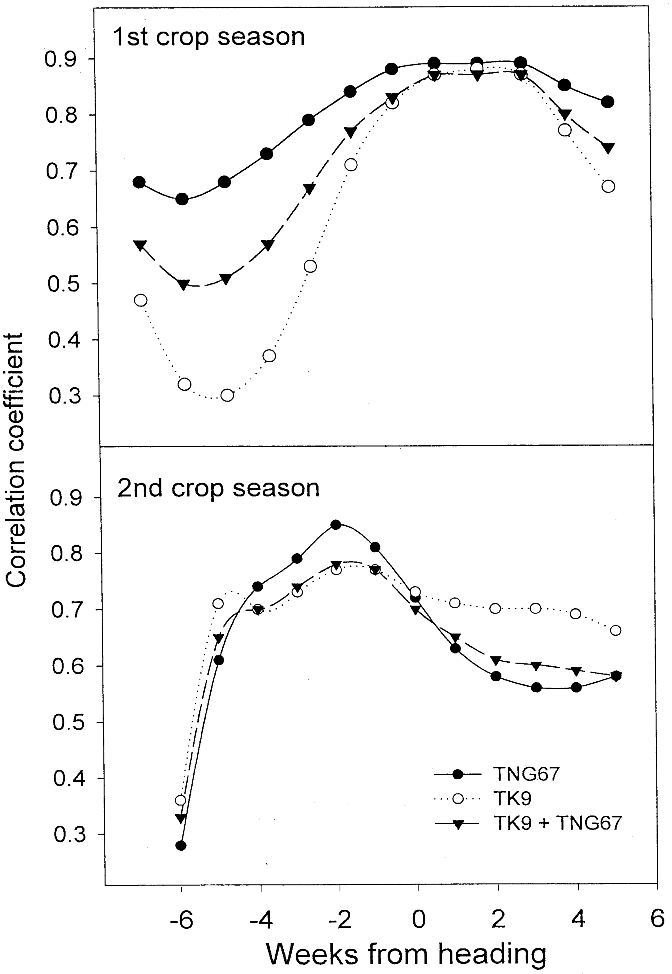


圖 3. 臺稉 9 號與臺農 67 號水稻不同生育期葉色值與穀粒產量之相關係數。

Fig. 3. Correlation coefficients between leaf color and grain yield of 2 rice cultivars at various growth stages.

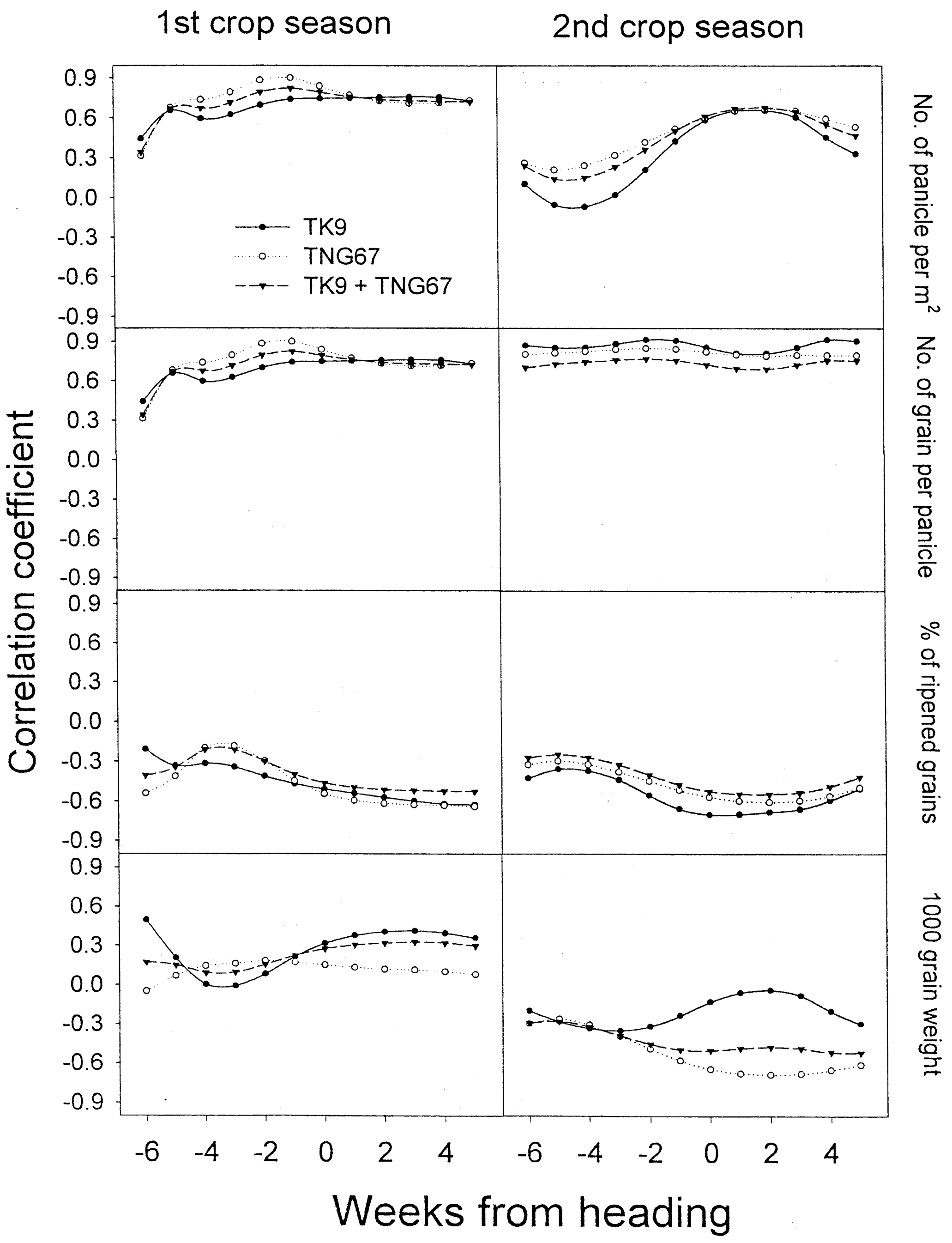


圖 4. 臺稉 9 號與臺農 67 號水稻不同生育期葉色值與產量構成因素之相關係數。

Fig. 4. Correlation coefficients between leaf color and yield components of 2 rice cultivars at various growth stages.

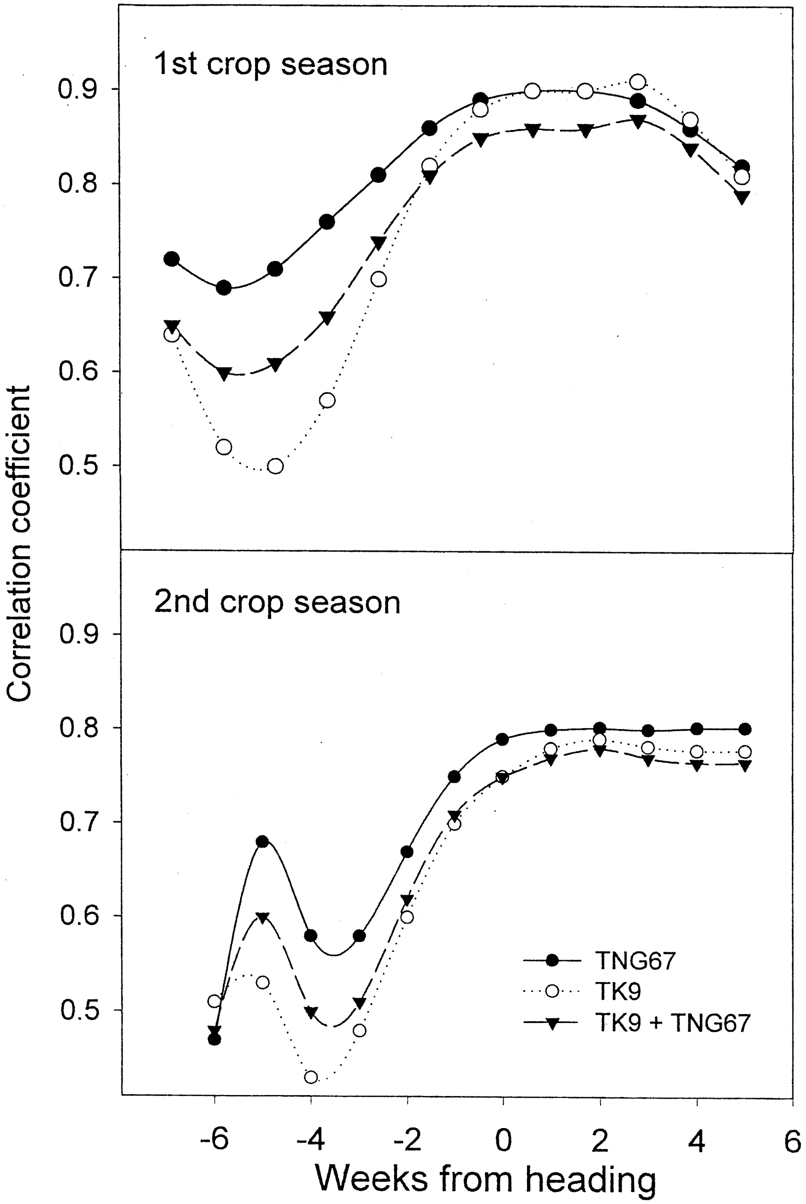


圖 5. 臺稉 9 號與臺農 67 號水稻不同生育期葉色值與糙米氮素含量之相關係數。

Fig. 5. Correlation coefficients between leaf color and nitrogen content of brown rice of 2 cultivars at various growth stages.

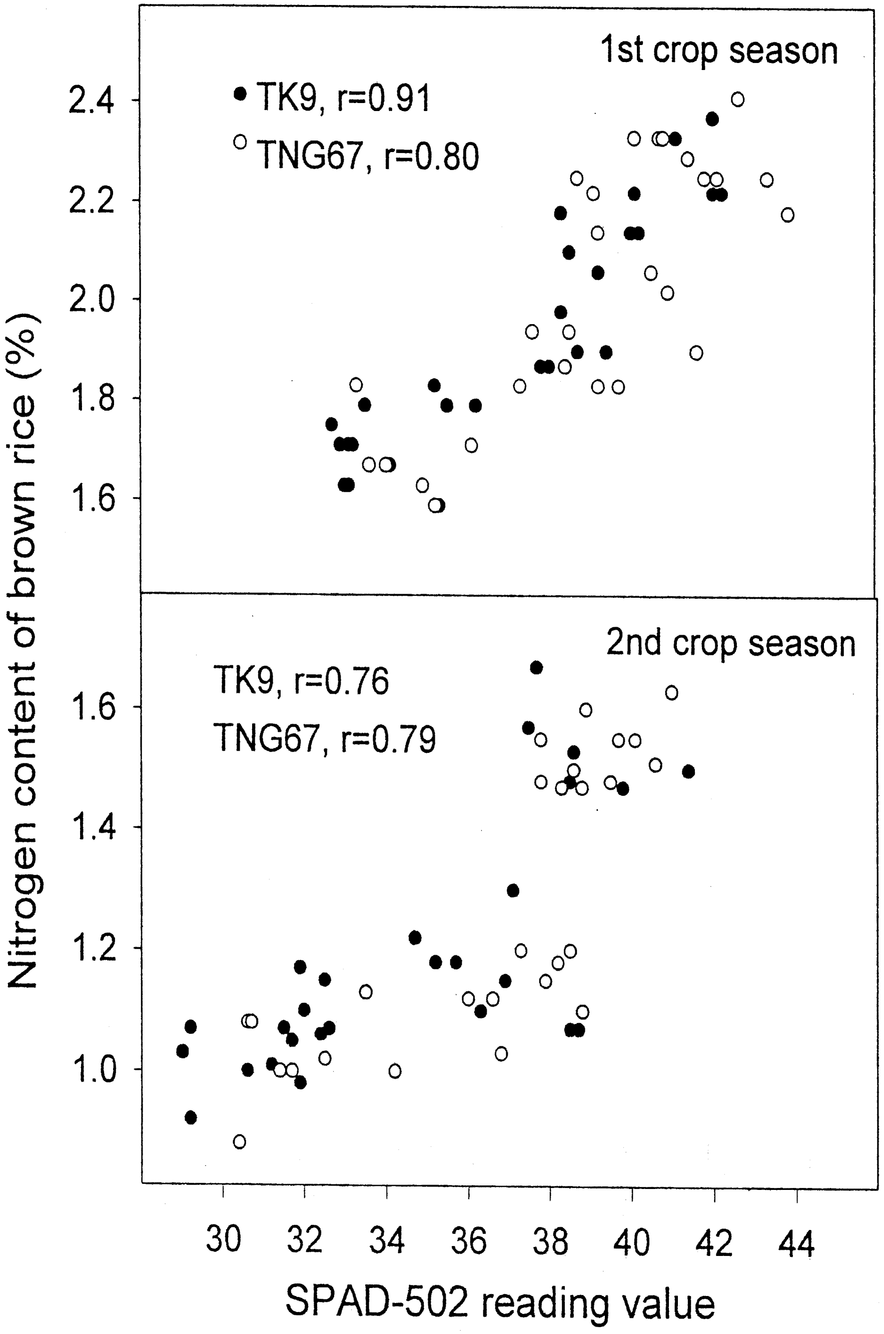


圖 6. 臺稉 9 號與臺農 67 號水稻抽穗期之葉色值與糙米氮素含量之關係。

Fig. 6. Relationship between leaf color at rice heading and nitrogen content of brown rice of 2 cultivars at harvest.

討　論

由於葉綠素對光線具有吸收能力，因此，透過測定葉片中葉綠素對光線之吸收值作爲葉色之指標，因而發展出葉綠素計。本試驗所採用之 SPAD-502 型葉綠素計即利用葉片穿透光束與入射之光束的比值，取其倒數之對數值作爲葉色值(稻田 1993a)。此外，因爲水稻植體內氮素含量與葉片中葉綠素含量具有正相關關係，因此，在國外即有以葉色值判別稻株營養狀況及作爲氮素投施依據之生育診斷；昔日雖亦有以葉色板(或謂色票)作爲生育診斷之用，但因葉色板在使用上有其限制，如使用時需考慮太陽方向及測定時間，且亦可能因不同使用者而測得不同結果(稻田 1993b)。

臺灣地區第一期稻作及第二期稻作因生長環境迥異，雖使水稻生育日數有所不同，但在這段生育過程中，水稻葉色的變化事實上是以一種動態的形式存在(羅等 2000)，常因栽培環境及資材投施之多寡而有所不同。因此，本試驗爲擴大參試水稻品種之葉色的變異範圍，以不同氮肥等級及栽植密度之處理作爲調整的方式。水稻在高氮肥栽培環境下，不同栽植密度處理間之葉色值變異較小；臺農 67 號在一期作每公頃 90 公斤氮素或不施氮肥環境下，水稻葉色值會隨栽植密度之提高而明顯的降低，顯示在此栽培處理下，氮素之用量明顯不足。唯在第二期稻作 90 公斤氮素環境下，臺　九號生育初期水稻葉色之變異範圍較小，但隨生育日數之增加而改變，因密植處理之水稻葉色明顯的降低。上述之情形顯示本試驗利用氮肥及栽植密度處理，確有達到擴大葉色變異範圍之效果。此外就數值而言，在本試驗的處理條件下，兩參試品種之穀粒產量及糙米氮素含量亦具有相當大的變異範圍，且兩期作均有相似的表現。前述顯示本試驗之處理已使水稻葉色值、穀粒產量及米粒氮素含量等性狀具備足夠之變異，如此進行變數間之相關分析方具有實用意義(Draper & Smith 1981)。

藉由對水稻植株葉色值之平滑處理，以作爲推估水稻全生育期每一副區每日葉色值，並以藉肉眼即可判別的抽穗期爲基準日，以每隔一週方式推估其前六週及後五週的葉色值，分析水稻不同生育階段之葉色值與單位面積稻穀產量之關係，顯示第一期作以抽穗前兩週最密切，第二期作則以抽穗至抽穗後兩週最密切。事實上，在日本即有利用葉色值作爲水稻生產時生育營養診斷的依據(深山等 1984)。由於水稻產量的四個構成因素各有其形成的決定時期(Matsushima 1980)，因此，若能找到水稻不同生育期之葉色表現與各產量構成因素之相關性，則將來可以透過栽培技術以改善水稻葉色的變化，而達到調節產量之目標，此即爲水稻生育診斷之最終目標之一(深山等 1984；稻田 1994a)。本試驗亦針對水稻四個產量構成因素與上述不同生育階段的葉色值，作相關關係的探討，結果發現水稻四個產量構成因素與不同生育階段之葉色值的關係，均不及產量與葉色值間之密切。稔實率及千粒重與水稻各生育期之葉色值的相關性均不密切，而單位面積穗數與抽穗期前後兩週之葉色的相關性較密切，另外每穗穎花數則於抽穗前五週至抽穗前一週與水稻葉色值關係密切。雖是如此，Matsushima(1980)指出水稻有效穗數之決定時期(即有效分蘗終期)依其全生育日數之不同，一般均於幼穗形成期之前後，即在抽穗前三至五週。探討本試驗不同之原因可能是分蘗型式(pattern)的改變。高橋等(1976)曾提出，若土壤中氮肥含量過多，日照充足，植株蓄積過多碳水化合物，則可能於上部節位形成不利於產量之二段穗，促使水稻原本分蘗的型式改變。而本試驗中以高氮肥(180 kg N ha^{-1})處理，加以低栽培密度(11.1 plant m^{-2})者，即可能造成上述土壤氮素含量過多且日照充足等條件，因此，常可於此副區中發現上述二段穗的發生，栽培上值得注意。

前述不同生育期水稻葉色值之變化，與產量構成因素之稔實率及千粒重等性狀之相關性，似未能實際應用於水稻生育診斷技術之開發；唯每穗穎花數與抽穗前五週至抽穗前一週的葉色值有相當密切的相關性，此時正值幼穗分化始期至減數分裂時期，亦爲穗肥施用時機，作爲生育診斷有其實用性(深山等 1984)，因此值得更進一步深入探討。

岡本和堀野(1994)曾指出，水稻葉色與糙米氮素含量間的關係，不會因品種(遺傳)或環境之變異而

改變，若此，如能找到水稻某一生育階段與成熟時糙米氮素含量間具有高度之相關性，則未來可依此作爲栽培上之參考，以調控糙米氮素含量。本試驗結果發現抽穗期至抽穗後一週的葉色值與糙米氮素含量間之相關性最高，此與岡本和堀野(1994)，發現齊穗期之葉色與糙米氮素含量間相關性最高的結果相似。試驗亦發現每一期作不同生育期之葉色與糙米氮素含量均呈顯著的直線關係，唯關係密切程度稍有差異，第一期作兩參試品種之抽穗期葉色與米粒氮素含量間的相關係數爲 0.80 及 0.91，而第二期作則爲 0.76 及 0.79，顯示兩者關係在第一期作較爲密切。岡本和堀野(1994)曾指出，葉色反映葉身的氮素濃度，此暗示糙米氮素含量受抽穗期稻株氮濃度之影響。本庄(1971a)認爲與糙米氮素含量有關的因子以植體的氮素濃度爲最重要因子，不同施肥法會造成氮素含量變化，而抽穗後葉片中的氮素含量與收穫時米粒氮素含量有很高的相關關係。就糙米氮素含量的品種間差異而言，岡本和堀野(1994)認爲此可能是水稻植體本身氮素濃度的遺傳變異所控制。其次，葉色是反映葉身及地上部氮素含量的一種性狀(稻田 1994b；Tuner &Jund 1991；Peng *et al.* 1993)，可利用於水稻營養診斷，因爲其彼此間的關係在相同栽培條件下，不會因品種差異而改變，本試驗中也有相同的結果，此一訊息對日後欲利用葉色進行水稻生育診斷技術之研究甚爲重要。然則依本試驗所得之結果可知，水稻抽穗期之葉色雖與糙米氮素含量成極顯著正相關，但不同期作間相關係數仍有些許差異，且於實用上仍有段差距，顯示這方面之研究仍有相當大的空間尙待深入探討。

引用文獻

蔡金川。1982。水稻葉色與葉片全氮濃度之品種間差異。中華農業研究 31:246-253。

羅正宗、陳一心、劉啓東。2000。水稻植株葉色變化與測定方法。嘉義大學學報 69:15-22。

本庄一雄。1971a。米のタンパク含量に關する研究。第一報タンパク質含有率の品種間差異ならびにタンパク質含有率に及ぼす氣象環境の影響。日作紀 40:183-189。

本庄一雄。1971b。米のタンパク含量に關する研究。第二報 施肥條件のちがいガ玄米のタンパク質含有率およびタンパク質總量に及ぼす影響。日作紀 40:190-196。

岡本正弘、堀野俊郎。1994。米の氮素含量の品種間差異及栽培條件にむる變異と葉色との關係。育種學雜誌 44:177-181。

松崎昭夫、松島省三、富田豐雄、朴 錫洪。1972。水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的研究。第 110 報 水稻個體群の葉色表示法について。日作紀 41:134-138。

深山政治、勝木田博人、齊藤研二。1984。葉色票による水稻の生育診斷。農業及園藝 59: 775-781。

高橋重郎、和田源七、庄子貞雄。1976。水田における氮素の動態と水稻による氮素吸收について。第 7 報 氮素吸收パタソと水稻の生育・收量構成要素。日作紀 45:220-225。

稻田勝美。1993a。"綠"を測る[1]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 68: 997-1000。

稻田勝美。1993b。"綠"を測る[3]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 68: 1199-1205。

稻田勝美。1994a。"綠"を測る[5]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 69: 55-58。

稻田勝美。1994b。"綠"を測る[6]葉色の測定とその營養生育診斷への利用。農業及園藝 69: 291-296。

Draper, N. R., and H. Smith, 1981. Applied Regression Analysis. 2nd ed. p.709. Wiley, New York.

Ladha, J. K., T. P. Agnes, C. P. Gloria, E. Castillo, U. Singh, and C. K. Reddy. 1998. Nondestructive estimation of shoot nitrogen in different rice genotypes. Agron. J. 90:33-40.

Matsushima, S. 1980. Rice Cultivation for the Million-Diagnosis of Rrice Cultivation and Techniques of Yield Increase. p.275. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.

Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, and K. G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. Agron. J. 85: 987-990.

Turner, F. T., and M. F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. Agron. J. 83: 926-928.

Yoshida, S., D. A. Forno, D. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. 3rd ed. p.14-16. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.

Yield and Grain Nitrogen Content in Relation to Leaf Color in Rice Cultivars TK 9 and TNG 67[1]

Jeng-Chung Lo [2,3] and Yi-Shin Chen [2]

Summary

Lo, J. C. and Y. S. Chen. 2003. Yield and grain nitrogen content in relation to leaf color in rice cultivars TK 9 and TNG 67. J. Agri. Res. China 52:166-177.

This report studies the correlation relationship between the changes of leaf color during rice growth, grain yield and grain nitrogen content. Two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, TNG67 and TK9, were cultivated in the first and the second crop seasons, 2000. Three nitrogen rates (0, 90, 180 kg N ha^{-1}) and three plant densities (11.1, 22.2, 44.4 plant m^{-2}) were used to enlarge the variation of leaf color measured by chlorophyll meter (SPAD-520, MINOLTA). The results showed that the leaf color value in rice plant was significantly related to grain yield, especially two weeks before and after heading. The correlation between leaf color value and grain yield was closer than that of other four yield components. In addition, the leaf color in each crop season was linearly correlated to the nitrogen content of brown rice, particularly at the heading and one week later. The correlation coefficient for the first and the second crop was 0.80 to 0.91 and 0.76 to 0.79, respectively.

Key words： Rice, Leaf color, Yield, Nitrogen content.

---

1. Contribution No.2160 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : May 9, 2003.
2. Respectively, Assistant Agronomist and Sinor Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail：lojchung@dns.caes.gov.tw ; Fax：(05)2698810.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:178~190 (2003)

有機資材氮礦化特性研究 [1]

林毓雯 [2] 劉滄棽 [2] 王鐘和 [2,3]

摘 要

林毓雯、劉滄棽、王鐘和。2003。有機資材氮礦化特性研究。中華農業研究 52:178-190。

本研究共收集九種有機資材，以土柱孵育淋洗法研究其氮礦化特性。孵育二、四、六、八週之累積氮礦化量與資材碳氮比之自然對數值，可達顯著負相關。孵育八週內之資材氮礦化特性可分為兩組：第一組資材(豬糞 I、豬糞 II、雞糞堆肥、木屑堆肥及蔗渣堆肥)在孵育第一週氮持續釋出，其累積礦化量在第一或二週達到第一個高峰，之後一至五週間氮礦化趨緩，其中豬糞 I 及雞糞堆肥分別在第二與第六週後氮繼續釋出，而木屑堆肥、豬糞 II 及蔗渣堆肥則在第一至四週間陸續出現氮同化現象。第二組資材(牛糞、稻稈、田菁、蔗渣)則除了孵育第一及第二天，部分資材有氮礦化之外，一直到孵育第八週，皆呈現氮同化現象。孵育八週至三十六週期間，豬糞 I 及雞糞堆肥在八週以後仍持續有氮礦化出來，雞糞堆肥約在第二十四週累積礦化氮量達第二波高峰，而豬糞 I 則在孵育三十六週之內累積礦化氮仍持續增加中。牛糞及稻稈兩資材則持續氮同化作用，牛糞直到二十八週之後開始有氮礦化，而稻稈則到孵育試驗結束時，都還是持續氮同化現象。

關鍵詞：有機資材、氮礦化特性、累積氮礦化量、碳氮比。

前 言

隨著人口增加造成糧食需求的壓力，現代農業生產不只重產量也注重品質的提昇，所產出的大量農業廢棄有機資材的處理，則又成為農政及環保單位的一大挑戰(台灣省畜牧廢棄資源再生利用協會 1998)。自古以來農業廢棄物的處理多以回歸農田再利用為主，除了減少垃圾也可將資材中的養分回歸土壤供作物吸收。然而要將大量有機資材施用到農田，無論作為肥料或是土壤改良劑，皆須考慮其肥效問題，方可達到增進地力又兼顧環保的目的。

有機資材的肥效主要決定於氮的礦化釋出量，以及礦化速度是否能配合作物需肥時機而定。一般對於有機資材的肥效，多據過去使用的經驗值來估算，亦即假設有機資材可釋出氮量為其全氮量的固定比例，如 30%或 50%(鍾等 1999)。也有部分試驗是以某些化學藥劑所能萃取的氮量來估算，如碳酸銨萃取法。然有機資材種類繁多，成分各異(李&連 1997)，不同資材氮的礦化特性不同，即使商品名

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2161 號。接受日期：92 年 5 月 12 日。
2. 本所農業化學組助理研究員、助理研究員、副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：chwang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302805。

稱相同之有機質肥料，其氮礦化特性也會隨原料成分而異，以同一標準加以估算易造成肥料浪費或肥分不足。因此，本研究收集多種不同成分有機資材，比較其氮礦化特性之差異，以提供有機資材施用之參考。

過去對於有機資材氮礦化量的研究方法，有作物吸收法(Fox *et al.* 1990)、田間包埋法(前田&志賀 1978)及孵育法(Stanford & Smith 1972；Vallis & Jones 1973；Castellanos & Pratt 1981；Douglas & Magdoff 1991；林&洪 1995；李 1996；莊&李 1998)，孵育法又分爲淋洗法(Stanford & Smith 1972；Douglas & Magdoff 1991；李 1996)及萃取法(Vallis & Jones 1973；Castellanos & Pratt 1981；林&洪 1995；莊&李 1998)。作物吸收法較爲準確但耗費人力，田間包埋法較難去除作物根系及土壤動物殘體之干擾，孵育萃取法較爲簡便卻無法反映作物吸收量，孵育淋洗法則兼具簡便又可適度反映作物吸收量之優點。本研究中有機資材之氮礦化量，即以土柱孵育淋洗法進行。

材料與方法

土柱孵育淋洗試驗

本研究共收集豬糞 I、牛糞、雞糞堆肥、稻稈、田菁、木屑堆肥、蔗渣、豬糞 II 及蔗渣堆肥等九種有機資材，來源詳如表 1。資材經風乾粉碎後過 1mm 篩。供試土壤爲平鎭系紅壤及二林系黏板岩沖積土，土樣分別取自平鎭市及永靖鄉之水田土壤，經風乾，以 2 mm 篩過篩。

供試土壤 30g 及等量石英砂(以 20mesh 篩過篩)，添加 1g N/kg(土壤加石英砂重)之供試資材，混合均勻後置於內徑 4.2cm、高約 15cm，附有流量調節開關之玻璃淋洗管內，填裝後土柱高約 4cm 至 4.5cm。於第 0, 1, 2 天及第 1, 2, 4, 6, 8 週，分別先以 0.01M 氯化鈣溶液 200ml 分十次洗出無機態氮，再以 50ml 無氮營養液(含 0.002 M 硫酸鈣、0.002 M 硫酸鎂、0.005 M 磷酸二氫鈣、0.0025 M 硫酸鉀)分兩次淋洗後，以眞空馬達調整水分張力至 80kPa，置於 25℃之定溫下孵育，每兩天取出土柱以秤重法調整水分。每處理爲三重複，另以不加肥料之處理爲對照組。洗出液之無機態氮含量以 Astoria-Pacific 自動分析儀測定。

部分資材進行長期孵育，在八週之後，分別又於 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 28, 32, 36 週取出淋洗。

氮礦化特性曲線圖

土柱自孵育第一天起所淋洗出之無機態氮，即視爲礦化氮，以添加資材土柱之氮礦化量扣除對照組土柱之氮礦化量，即爲該資材之氮礦化量(不考慮逸失氣態氮量)。以資材之累積氮礦化量對孵育時間作圖，可得有機資材之氮礦化特性曲線圖。

表 1. 供試資材來源
Table 1. Original sources of organic materials used in the study.

Organic material	Original source
Hog manure I	Air-dried hog manure, stored for six to seven months
Cattle manure	Fresh cattle manure
Chicken manure	Commercial
Rice straw	From TARI[z](2001,first crop)
Saw-dust compost	From TARI
Sesbania	From TARI (Whole plant)
Pure bagasse	From Taiwan Sugar Co., Jen-Te
Hog manure II	Fermented hog manure, amended with calcium carbonate(Taiwan Sugar Co., Hu-Wei)
Bagasse compost	Composted hog manure and bagasse(Taiwan Sugar Co., Jen-Te)

[z] Taiwan Agricultural Research Institute。

土壤性質分析

質地：吸管法(Gee & Bauder 1986)。酸鹼值：20g 土壤加 20ml 去離子水，攪拌均勻後靜置一小時，其間偶爾攪拌數次，以 Radiometer Copenhagen pHC2401-8 複合電極測定 pH 值。電導度：酸鹼值測定完之樣本，加入 80ml 去離子水，攪拌均勻後，以 Whatman No.42 濾紙過濾，濾液以 ORION model 122 電導度計測定電導度。有機碳：Walkley-Black 重鉻酸根氧化法(Nelson & Sommers 1986)。有效性氮：10g 土壤加 10%氯化鉀溶液 100ml，150rpm 震盪一小時後，以 Whatman No.2 濾紙過濾，濾液加硫酸亞鐵及鋅粉，以微量擴散法測定無機態氮含量(Keeney & Nelson 1986)。全氮：凱氏氮法(Bremner & Mulvaney 1986)。土壤性質分析結果詳如表 2。

有機資材性質分析

酸鹼值：10 g 資材加 100 ml 去離子水，攪拌均勻後靜置一小時，其間偶爾攪拌數次，以 Radiometer Copenhagen pHC2401-8 複合電極測定 pH 值。全碳、全氮：以元素分析儀 (Perkin Elmer seriesII 2400) 測定。碳氮比：以元素分析儀所測得之全碳量，除以同儀器所測得之全氮量得之。全磷鉀：秤 0.5g 資材，添加 6ml 硝酸及過氯酸(5:1)混合液，靜置過夜。翌日置於分解爐先以 140℃加熱，若樣本不會激烈沸騰，則提高溫度至 170℃，分解至棕色氣體消失，可再提高分解溫度至 200℃以內。待分解液變澄清即可離爐放冷，加 3 N 鹽酸 5ml，再置於 140℃下加熱 10 分鐘即完成分解。分解液定量並以 Whatman No.2 濾紙過濾後，濾液以 JOBIN-YVON JY50P 感應耦合電漿分光光度計測定磷、鉀含量。

結 果

供試有機資材基本性質分析，結果(表 3)顯示供試資材基本性質的變異範圍爲，pH：5.5~7.9、全碳：223~458 g/kg、全氮：7.1~45.7 g/kg、碳氮比：7.03~56.55、全磷：1.1~27.7 g/kg、全鉀：2.0~20.8 g/kg，涵蓋有很大的變異。其中動物質資材及堆肥(牛糞除外)，普遍含有較高的全氮和較低的碳氮比；植物質資材皆含有較低的全氮和較高的碳氮比。

表 2. 供試土壤的一些基本性質

Table 2. Some selected properties of Erhlin and Pingchen soils used in the study.

Soil	Texture	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (g/kg)	Available N (mg/kg)	Total N (g/kg)
Eh[z]	SiCL	6.4	0.39	26.8	106.5	2.6
Pc	C	5.0	0.11	20.0	98.0	1.6

[z] Eh: Erhlin soil; Pc: Pingchen soil

表 3. 供試肥料的一些基本性質

Table 3. Some selected properties of organic materials used in the study.

Organic material	pH (1:10)	Total C (g/kg)	Total N (g/kg)	C/N	Total P (g/kg)	Total K (g/kg)
Hog manure I	6.1	364	45.7	7.96	27.7	4.1
Cattle manure	7.4	411	18.8	21.81	4.2	5.5
Chicken manure	7.8	223	31.7	7.03	20.0	20.8
Rice straw	6.2	403	7.1	56.55	1.1	13.7
Saw-dust compost	5.8	424	22.4	18.93	15.7	13.6
Sesbania	5.5	458	16.7	27.38	1.6	6.0
Pure bagasse	5.9	238	10.0	23.92	2.7	2.0
Hog manure II	6.6	337	25.4	13.28	11.3	17.7
Bagasse compost	7.9	247	18.8	13.13	6.0	20.2

孵育二、四、六、八週之資材累積氮礦化量，分別對資材碳氮比和碳氮比之自然對數值進行直線迴歸分析，結果(表 4)顯示在兩種供試土壤中，累積礦化量與資材碳氮比之自然對數值皆有顯著的負相關，其中以孵育六週的相關性最好。利用上述累積氮礦化量對碳氮比自然對數值之迴歸式，可計算出各供試資材之理論累積氮礦化量，將此預測值對實測值作圖(圖 1)，顯示預測值與實測值之差異，以孵育六週時爲最小。

豬糞 I、雞糞堆肥、木屑堆肥、豬糞 II 及蔗渣堆肥(以下稱爲第一類資材)孵育八週之氮礦化特性曲線(圖 2)，結果顯示此類資材在孵育第一週，氮持續釋出，其累積礦化量在第一週或二週達到第一個高峰，且在後續的一至五週會有氮礦化趨緩的現象。過了氮礦化趨緩期之後的氮礦化特性，則又分爲兩類，其中豬糞 I 及雞糞堆肥在孵育第二至六週後氮繼續釋出，且礦化速率有隨孵育時間增加而加快之現象；而木屑堆肥、豬糞 II 及蔗渣堆肥則在第一至四週後陸續出現氮同化(immobilization)現象。牛糞、稻稈、田菁及蔗渣(以下稱爲第二類資材)孵育八週之氮礦化特性曲線(圖 3)，顯示此類資材除了孵育第一及第二天，部分資材有氮礦化之外，一直到孵育第八週，皆呈現氮同化現象。豬糞 I、牛糞、雞糞堆肥及稻稈孵育三十六週之氮礦化特性曲線(圖 4)，顯示豬糞 I 及雞糞堆肥在八週以後仍持續有氮礦化出來，雞糞堆肥約在第二十四週累積礦化氮量達第二波高峰，而豬糞 I 則在孵育三十六週之內累積礦化氮仍持續增加中。至於牛糞及稻稈兩資材則持續呈現氮同化作用，牛糞直到二十八週之後才開始有氮礦化，而稻稈則直到孵育試驗結束時，都還是持續氮同化現象。另外，將九種供試有機資材孵育第零天所洗出之無機氮量，計入累積氮礦化量作成累積無機氮圖(圖 5)，顯示孵育開始前資材所含之無機氮量有很大差異，其中田菁所含的無機氮量爲其他八種資材的數倍至數百倍以上。

討　論

選擇二林系和平鎭系土壤，作爲土柱孵育淋洗試驗之土壤，係因二林系爲國內平地鹼性黏板岩沖積土母質之土壤中分布面積最大者，平鎭系則爲國內平地酸性紅壤母質土壤中分布面積最大者(林&蔡 1994)，期使試驗結果可應用於國內大多數地區。其次，本研究共收集九種國內常用有機資材，包括動物質有機資材三種(豬糞 I、牛糞、豬糞 II)、植物質有機資材三種(稻稈、田菁、蔗渣)，及堆肥三種(雞糞堆肥、木屑堆肥、蔗渣堆肥)，目的在於顯示各種不同來源資材的氮礦化特性，以供田間施用上之參考。

表 4. 累積氮礦化量對資材之碳氮比、碳氮比之自然對數值進行直線迴歸之決定係數
Table 4. The determination coefficients of linear regression between accumulated mineralized nitrogen, C/N and Ln (C/N) separately

Soil	Incubation time (weeks)	C/N	Ln (C/N)[z]
Erhlin	2	0.731(-0.80)**yx	0.746(-18.69)**
	4	0.700(-0.97)**	0.801(-24.11)**
	6	0.681(-1.09)**	0.847(-28.28)***
	8	0.582(-1.30)*	0.817(-35.84)***
Pingchen	2	0.472(-0.03)*	0.668(-16.45)**
	4	0.472(-0.04)*	0.720(-22.35)**
	6	0.468(-0.05)*	0.744(-27.65)**
	8	0.431(-0.06)*	0.716(-34.12)**

[z] Naperian logarithm of C/N。
[y] *, **, ***: 5, 1, 0.1% significant level, respectively。
[x] The value in the parenthesis is the slope of the regression equation。

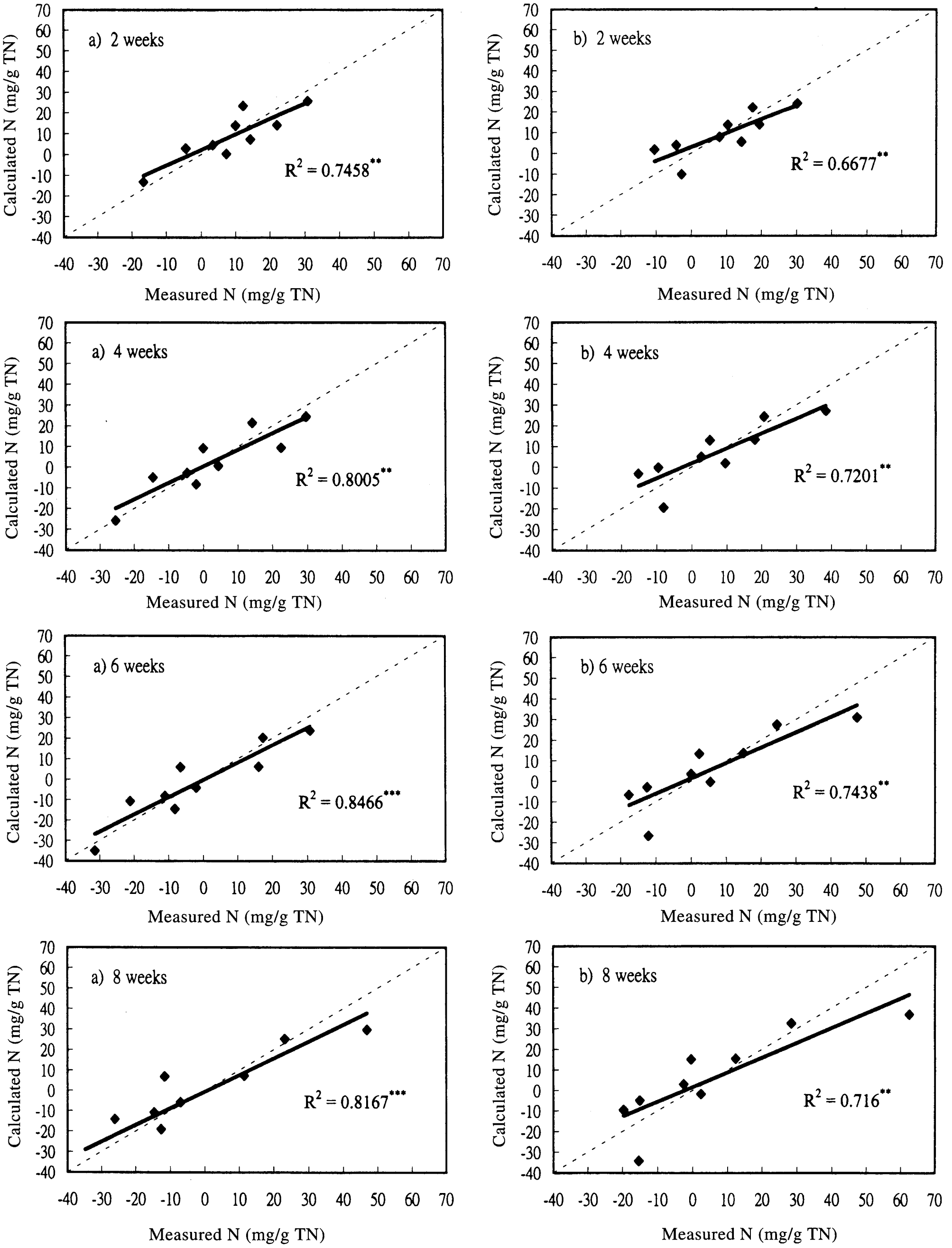
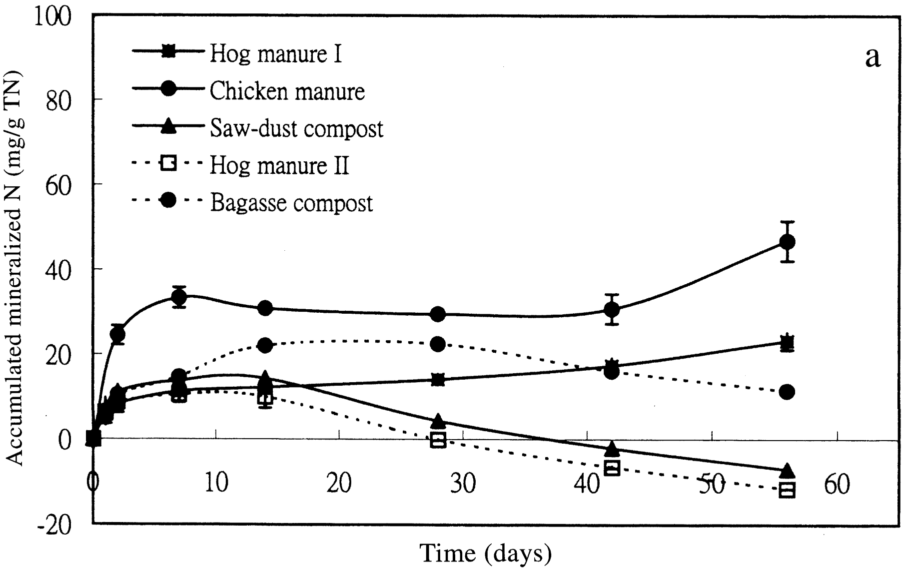


圖 1. 孵育 2, 4, 6, 8 週後供試有機資材累積氮礦化量之預測值與實測值相關圖(a:二林土壤, b:平鎮土壤; 虛線代表預測值對實測值爲 1:1)。

Fig. 1. Relationships between the calculated and measured accumulated N released from the soils amended with organic materials after 2, 4, 6, 8 weeks incubation (a:Erhlin soil, b:Pingchen soil; The dashed lines are 1:1 plots of calculated and measured data).



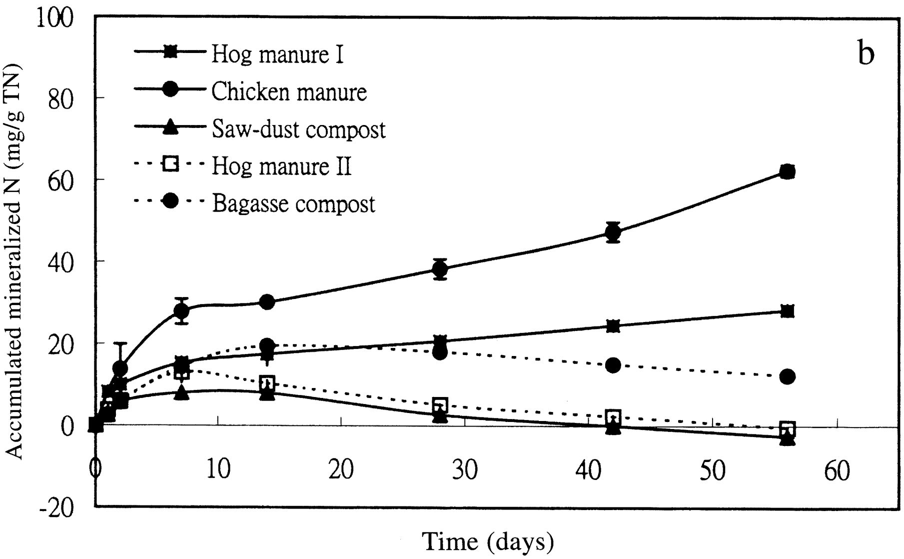


圖 2. 供試有機資材孵育八週之氮礦化特性曲線(a:二林土壤, b:平鎮土壤)。

Fig. 2. Nitrogen mineralization characteristic of soils amended with organic materials during 8 week incubation (a:Erhlin soil, b:Pingchen soil).

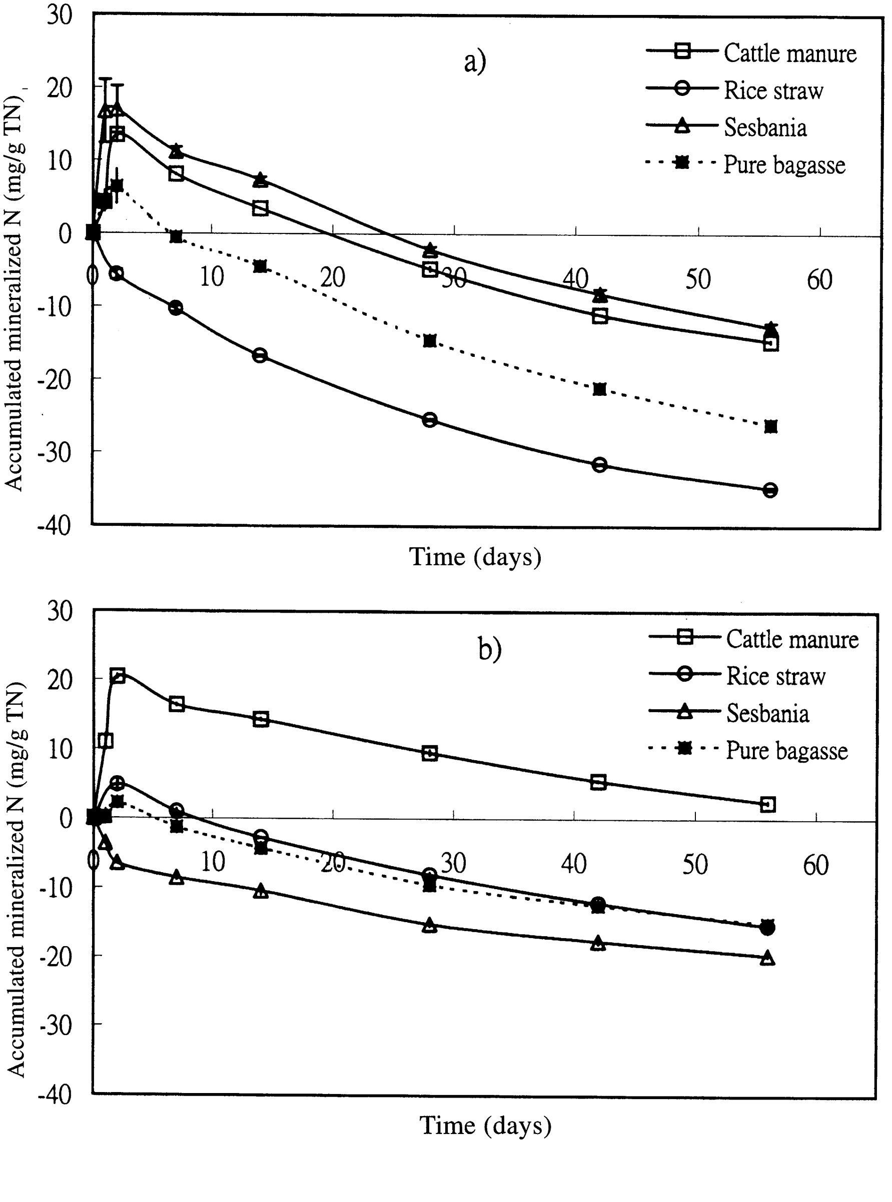
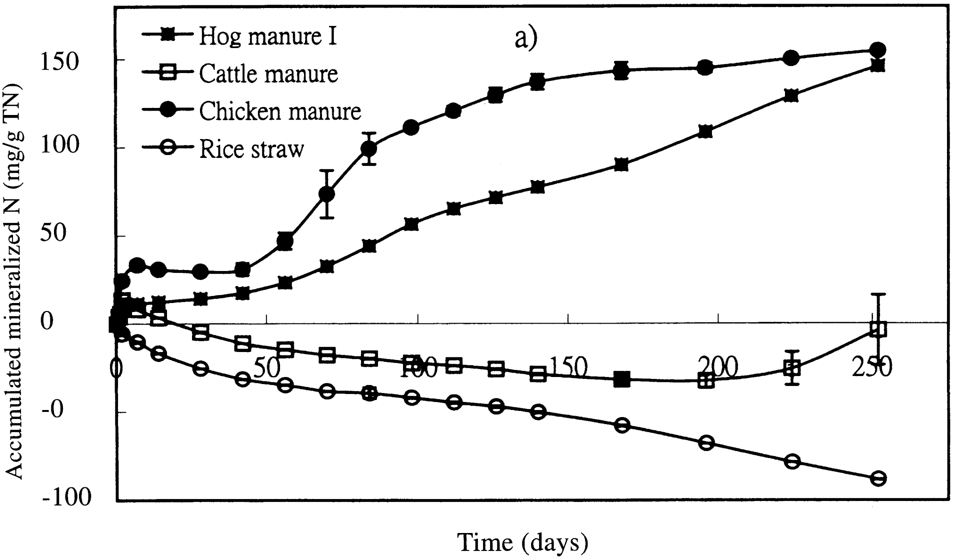


圖 3. 供試有機資材孵育八週之氮礦化特性曲線(a:二林土壤, b:平鎮土壤)。

Fig. 3. Nitrogen mineralization characteristic curves of organic materials amended soils during 36 weeks incubation (a:Erhlin soil, b:Pingchen soil).



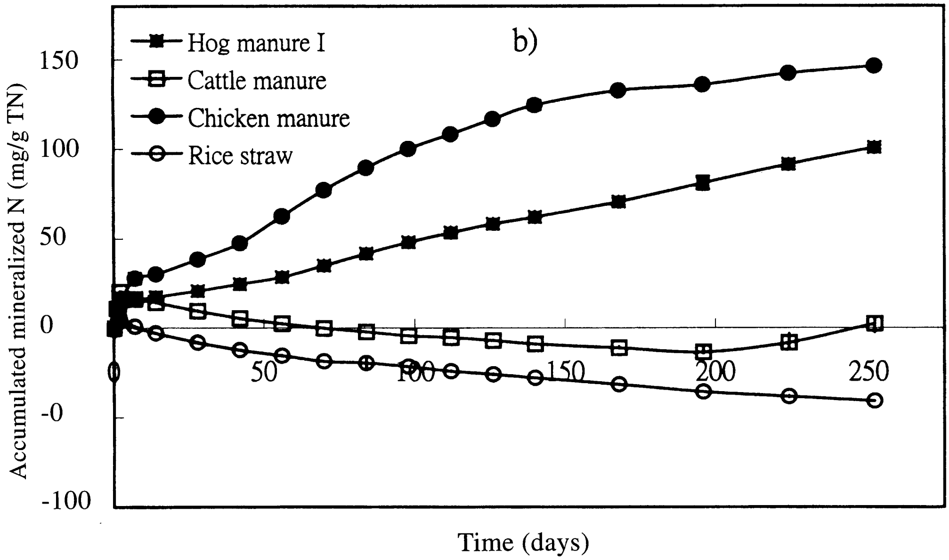


圖 4. 供試有機資材孵育三十六週之氮礦化特性曲線(a:二林土壤, b:平鎮土壤)。

Fig. 4. Nitrogen mineralization characteristic of soils amended with organic materials during 36 week incubation (a:Erhlin soil, b:Pingchen soil).

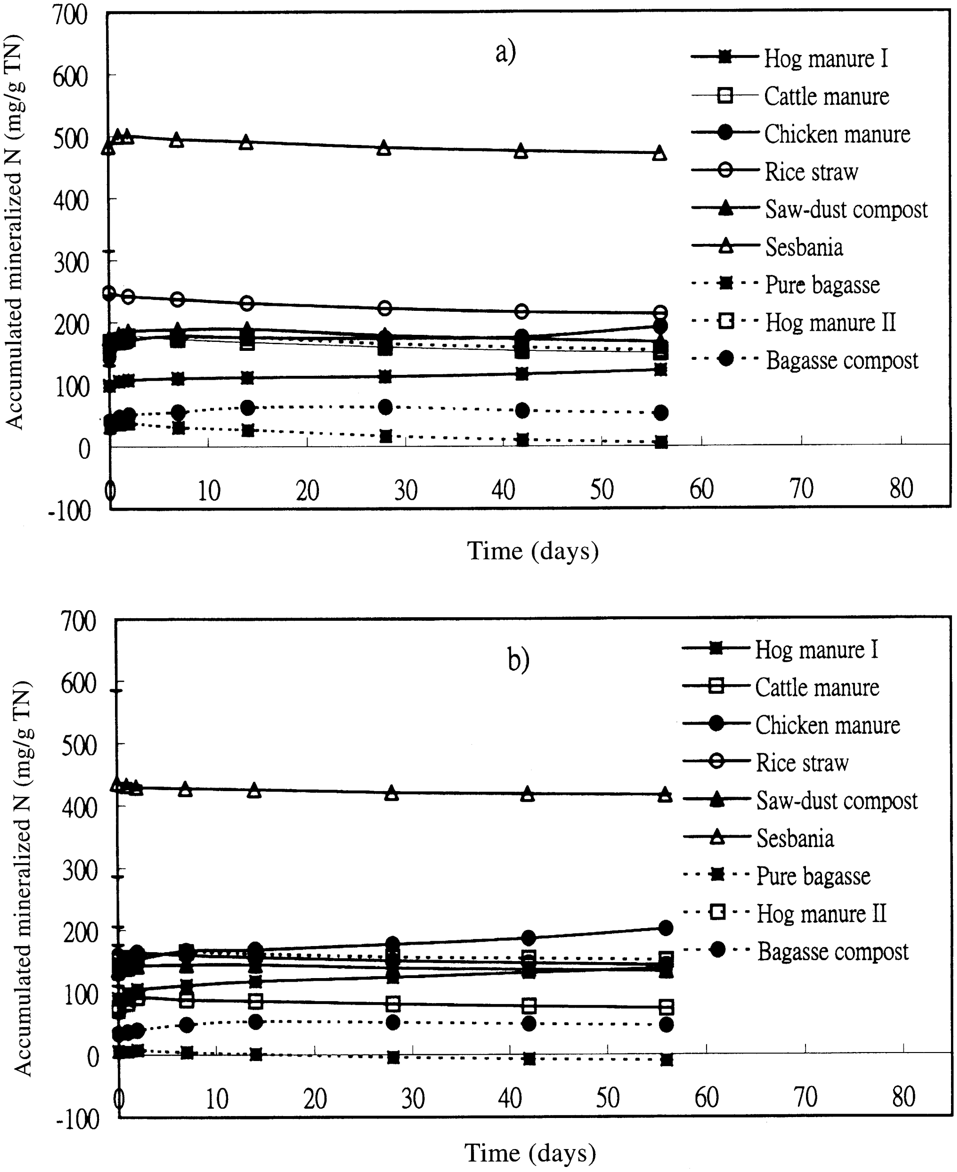


圖 5. 供試有機資材孵育八週之累積無機氮圖(a:二林土壤, b:平鎮土壤)。

Fig. 5. Accumulation of mineral nitrogen by soils amended with organic materials for 8 week (a:Erhlin soil, b:Pingchen soil).

有機資材之累積氮礦化量與碳氮比之關係

由於不同作物之生長期及養分吸收特性不同(Sullivan *et al* 1999；連 1974)，不同時期之氮礦化量對不同作物的影響各異，因此有必要將資材累積氮礦化量依不同時期加以探討，以提供不同使用目的之參考。大部分作物在生長初期都需要相當量的氮，因此，大多數有關土壤氮肥力指數(nitrogen indices)試驗，皆以孵育前兩週之氮礦化量，作爲評估基準，且皆與供試作物之氮吸收有良好相關(Keeney 1986)。然而，對於中長期作物而言，其氮吸收高峰期則多在發芽後一個月至兩個月之間(Sullivan *et al.* 1999；王 1975)，除了生長初期氮供應量之外，生育一至二個月時之氮供應也非常重要。因此，本研究將供試資材的累積氮礦化量分爲二、四、六、八週四個時期探討。

由前述結果顯示，孵育二、四、六、八週之累積氮礦化量與資材碳氮比之自然對數值皆有顯著負相關。此乃由於有機資材的礦化是微生物對資材的分解而來，而微生物需要從資材中獲取碳及氮源以合成體質，且其體質本身的碳及氮有一定比例，一般而言，每同化一單位的氮，可同化 10 單位的碳素，另有 20 單位的碳素以二氧化碳釋出(林 1978)。所以資材中的碳氮比若低於微生物合成體質所需，則在資材的分解過程中能有多餘的氮礦化供作物吸收。反之，資材中的碳氮比若高於微生物所需，則微生物必須由土壤環境中攝取氮以滿足其合成體質所需，短時間內反而造成氮的同化作用。因此資材的碳氮比，常左右資材分解過程可否有多餘的氮釋出(前田&志賀 1978；Norman *et al.* 1990；Douglas & Magdoff 1991；Constantinides & Fownes 1994)。

不同孵育時期之資材氮礦化特性

有機資材相較於化學肥料，其肥分釋出緩慢，相對的可維持殘效時間長，長期施用之肥效較單作施用高(連 1995)。因此，短期作物單作施用有機資材僅考慮其短期氮礦化特性，對肥效之預估可能不至於造成太大差異，若要多作連續施用，或施用在果樹等多年生作物時，則其長期礦化特性不容忽視。因此，除了八週礦化試驗之外，本研究另擇豬糞 I、牛糞、雞糞堆肥及稻稈等資材，進行三十六週之長期試驗。

依據資材孵育八週之氮礦化特性曲線，可將資材依其礦化特性分爲兩類。第一類資材包括三種堆肥及兩種動物質肥料(不含牛糞)，全氮含量爲 18.8~45.7 g/kg，碳氮比 7.03~18.93。由其氮礦化特性曲線(圖 2)顯示，此類資材在孵育初期，氮持續釋出，其累積礦化量在第一週或二週達到第一個高峰，之後氮礦化趨緩。過了氮礦化趨緩期之後的氮礦化特性，則依資材的特性，部分呈現第二波氮礦化，部分則出現氮同化現象。以此類資材的來源觀之，皆屬於糞尿類肥料或堆肥，根據前人研究(Castellanos & Pratt 1981；林&洪 1995)亦顯示，此類資材在孵育初期，累積氮礦化量普遍有先達一個高峰之後，維持一段時間不變、緩慢增加或甚至降低之後，再出現第二波的氮礦化現象。至於本研究中木屑堆肥、豬糞 II 及蔗渣堆肥在後期出現氮同化現象，應與其成分中含有木屑和蔗渣等碳氮比高的資材有關，當其中較易分解的成分陸續分解之後，這些較難分解的成分比例提高，在分解的過程中反而需由環境中吸收無機氮供微生物之用。

第二類資材包括三種植物質資材及牛糞，全氮含量 7.1~18.8 g/kg，碳氮比 21.81~56.55。由其氮礦化特性曲線(圖 3)結果顯示，此類資材除了孵育第一及第二天，部分資材有氮礦化之外，一直到孵育第八週，皆呈現氮同化現象。以資材的來源觀之，除了牛糞之外，皆屬於植物性資材，根據 Chae & Tabatabai(1986)的研究顯示，植物質的資材除了綠肥以外，孵育十二週以前其累積氮礦化量皆低於對照組(即未添加資材處理)，表示此類資材的添加也造成氮同化現象。值得注意的是，牛糞雖屬於糞尿類資材，但其氮礦化特性卻類似植物性資材，此乃由於牛爲草食性動物，故其排泄物中含有多量未經消化的植物殘渣，且未經醱酵堆積，相較於豬糞及雞糞其全氮含量低、碳氮比高(台灣省畜牧廢棄資源再生利用協會 1998)，故其氮礦化特性與植物質資材類似。另外，田菁雖屬於綠肥，但由其氮礦化特性曲線顯示，除了孵育初期有氮礦化外，之後皆呈現氮同化現象，這可能由於田菁含有大量硝酸態氮，在孵育開始前(即第零天)即被淋洗出土柱外，因而造成土柱內資材之碳氮比升高；其次，所使用之田

菁爲夏作，生長期長達八十多天，較之一般田間建議施用期長，植體較爲成熟，碳氮比已高達 27(表 3)，與一般生長至碳氮比大於 10 即施用至田間相去甚遠，因而造成氮同化。田菁含有大量無機態氮亦可由將孵育第零天所洗出之無機氮量，計入累積氮礦化量作成累積無機氮圖(圖 5)加以佐證。

資材孵育三十六週之氮礦化特性曲線顯示(圖 4)，第一類資材中的豬糞 I 和雞糞堆肥，在八週以後仍持續有氮礦化出來，且分別持續至三十六週及二十四週之後，與 Chae & Tabatabai(1986)的研究，糞尿類資材的氮礦化可持續至 26 週以上的結果相符。而第二類資材中的牛糞和稻稈則持續氮同化作用，牛糞直到二十八週以後開始有礦化作用，而稻稈則三十六週內皆呈現同化現象，這應與稻稈具有較高的碳氮比有關，根據 Chae & Tabatabai(1986)的研究，植物類資材在孵育十二週前皆呈現氮同化現象，十二週之後陸續有氮礦化現象出現，且碳氮比越低者出現越早，其中木屑之碳氮比高達 337，則直到試驗結束(二十六週)都還是氮同化現象。由上述現象顯示，長期連續施用豬糞和雞糞堆肥兩種資材時，其後期持續的氮礦化能力應特別加以注意，隨施用次數增加，施用量應酌減。至於牛糞和稻稈，施用後短期內對氮的供應並無助益，較適合作爲改善土壤物理性之用。

不同土壤之資材氮礦化

整體而言，所測試的資材在二林及平鎮兩供試土壤之氮礦化趨勢一致。僅在氮礦化特性曲線上的各個反曲點出現時間略有差異，且累積氮礦化量互有高低。由於影響有機資材礦化量之因子相當複雜，此二土壤之理化性質差異又極大，因此，造成兩土壤中氮礦化量差異之因子，未在本研究探討範圍之內，尚需進一步試驗加以釐清。

誌 謝

感謝本所簡宣裕副研究員及糖業研究所翁銅河研究員，提供研究所需之多項資材，及資材來源的詳細說明。文稿完成後，又蒙本組黃維廷助理研究員對英文摘要及專有名詞之斧正，在此一併誌謝。

引用文獻

王銀波。1975。作物施肥法。國立中興大學。台中。166 pp。

臺灣省畜牧廢棄資源再生利用協會。1998。禽畜糞堆肥處理技術輔導手冊。臺灣省畜牧廢棄資源再生利用協會編印。212 pp。

李俊儀。1996。堆肥施用對強酸性土壤氮和磷礦化作用的影響與評估。國立中興大學碩士論文。137 pp。

李艷琪、連深。1997。有機質肥料之主成分含量及其變異。中華農業研究 46(2):181-189。

林正錺、蔡彰輝。1994。台灣耕地土壤及作物適栽性評估圖鑑。行政院農業委員會。台北。293 pp.

林良平。1978。土壤微生物學。天然書社。台北。241 pp。

林晉卿、洪崑煌。1995。豬糞、雞糞堆肥施用於土壤時氮礦化量之預測。中華生質能源學會會誌 14:160-173。

前田乾一・志賀一一。1978。水田條件下における各種有機物資材の分解經過。日本土壤肥料學雜誌 49:455-460。

連深。1995。有機質肥料之肥效試驗及結果判釋之若干觀點。p.110-125。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。台灣省農業試驗所編印。台中。

連深。1974。蔬菜作物之養分吸收及施肥效應。中華農業研究 23(4):263-272。

莊作權、李英明。1998。不同有機質材在不同土壤水分與溫度條件下之碳與氮之礦化作用。土壤與環境 1:135-152。

鍾仁賜、王鐘和、王俊文、王銀波。1999。不同施肥下水稻之生長及氮吸收與分佈。土壤與環境 2:65-76。

Bremner, J. M., and C. S. Mulvaney. 1986. Nitrogen-total. p.595-624. *in*: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. (Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Castellanos, J. Z., and P. F. Pratt. 1981. Mineralization of nitrogen-correlation with laboratory indexes. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:354-357.

Chae, Y. M., and M. A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. J. Environ. Qual. 15:193-198.

Constantinides, M., and J. H. Fownes. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationships to nitrogen, lignin, and soluble polyphenol concentrations. Soil Biol. Biochem. 26:49-55.

Douglas, B. F., and F. R. Magdoff. 1991. An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. J. Environ. Qual. 20:368-372.

Fox, R. H., R. J. K. Myers, and I. Vallis. 1990. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. Plant Soil 129:251-259.

Gee, G. W., and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. p383-411. *in*: Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods, 2nd Edition. (A. Klute, eds.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Keeney, D. R. 1986. Nitrogen-availability indices. p711-733. *in*: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. (Page A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Keeney, D. R., and D. W. Nelson. 1986. Nitrogen-inorganic forms. p643-698. *in*: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. (Page A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1986. Total carbon, organic carbon, and Organic matter. p539-579. *in*: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. (Page A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Norman, R. J., J. T. Gilmour, and B. R. Wells. 1990. Mineralization of nitrogen from nitrogen-15 labeled crop residues and utilization by rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1351-1356.

Stanford, G., and S. J. Smith. 1972. Nitorgen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36: 465-472.

Sullivan, D. M., J. M. Hart, and N. W. Christensen. 1999. Nitrogen Uptake and Utilization by Pacific Northwest Crops. Oregon State University. 18 pp.

Vallis, I., and R. J. Jones. 1973. Net mineralization of nitrogen in leaves and leaf litter of *Desmodium intortum* and *Phaseolus atropurpureus* mixed with soil. Soil Biol. Biochem. 5:391-398.

Study on Nitrogen Mineralization Characteristics of Organic Materials[1]

Yu-Wen Lin[2], Tsang-Shen Liu[2] and Chung-Ho Wang[2,3]

Summary

Lin, Y. W., T. S. Liu, and C. H. Wang. 2003. Study on nitrogen mineralization characteristics of organic materials. J. Agric. Res. China 53:178-190.

Nitrogen mineralization characteristics of nine commercial / farm-produced organic materials were investigated in this study by incubation-leaching method. The accumulative mineralized N (AMN) released during 2, 4, 6, and 8 weeks incubation period was significantly negative correlated with the naperian logarithm of C/N value of the organic materials. Nine materials were divided into two groups according to their mineralization characteristic curves of eight-week incubation. Group 1(hog manure I, hog manure II, chicken manure, sawdust compost, and bagasse compost), continual release of mineral N started at the 1st week and reached the first AMN peak at the 1st or the 2nd week, and then was getting slow in the subsequent 1-5 weeks. After the slowing down period, hog manure I and chicken manure still released mineral N after incubation of the 2th and the 6th week, respectively. But on the contrary, hog manure II, saw- dust compost and bagasse compost presented N immobilization after the 1th to the 4th weeks. As to group 2 of cattle manure, rice straw, sesbania, and pure bagasse, except for the first one to two days with N mineralization appeared in some material, all presented N immobilization in the eight-week incubation. Mineralization characteristic curve after the 8th week indicated AMN of hog manure I went on increasing within 36 weeks, and the second AMN peak of chicken manure reached at the 24th week. While in cattle manure and rice straw, N immobilization continually took place, but N mineralization of cattle started until after 28 weeks. N immobilization of rice-straw lasted even after incubation test.

Key words： Organic material, Nitrogen mineralization characeristics, Accumulative mineralized N, C/N

---

1. Contribution No.2161 from Agricultural Research Institute, Conncil of Agriculture. Accepted : May 12,2003.
2. Assistant Researcher, Assistant Researcher and Accociate Researcher, respectively, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail：chwang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax：(04)23302805.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:191~206 (2003)

日本水稻品種 Shiokari 及其矮性近同源系深播幼苗特性之變異[1]

楊淑如[2,4]　李長沛[2]　吳詩都[3]　曾富生[3]

摘　要

楊淑如、李長沛、吳詩都、曾富生。2003。日本水稻品種 Shiokari 及其矮性近同源系深播幼苗特性之變異。中農業研究 52:191-206。

本試驗以 Shiokari 及 17 個水稻矮性近同源系爲材料進行深播 5、7 cm 條件下秧苗特性之研究。結果得知深播 5 cm 下，矮性近同源系 *d-1*、*d-2*、*d-18*^{k} 及 *d-42*^{t} 幼苗之出土明顯受到抑制，而 *d-6* 則促進出土，其餘矮性近同源系之出土能力則與 Shiokari 相似；除 *d-1* 伸長第 1 葉節間外，各矮性近同源系主要以中胚軸、鞘葉節間、不完全葉節間共同伸長促使幼苗出土；其他幼苗性狀長度則因不同的矮性基因導入而產生差異。深播 7 cm 下，矮性近同源系 *sd-1*、*d-6*、*d-12*、*d-14* 及 *d-52* 促進幼苗出土，而 *d-1* 則抑制出土，其餘矮性近同源系之出土能力則與 Shiokari 相似；除 *d-1* 伸長第 2 葉節間外，各矮性近同源系主要以不完全葉節間及第 1 葉節間共同伸長促使幼苗出土；其他幼苗性狀長度則因不同的矮性基因導入而產生差異。Shiokari 與其矮性近同源系大部分深播(5、7 cm)下幼苗仍以第 1 葉型式出土，當播種愈深第 1 葉出土的比率愈高，且亦會有些許幼苗以第 2 葉型式出土。主成分分析圖得知，在深播 5 cm 下 Shiokari 與其矮性近同源系主要分布在第一象限，而深播 7 cm 下則主要分布在第四象限，但矮性近同源系並不全散佈於輪迴親之附近。透過主成分分析及遺傳型相關結果得知深播下矮性基因對幼苗生育具有多效性作用。

關鍵詞：深播、矮性近同源系、出土能力、遺傳型相關、主成分分析

前　言

適合直播栽培之品種，除具備豐產、質優、抗病蟲害外，因其初期生長過程與移植栽培略有差異，故應選用短強稈，發芽良好，不易倒伏，無芒及適合機械化栽培之品種爲佳；若考慮氣候狀況，第一期作必須考慮低溫發芽的環境，因此秈稻較不適宜；二期作若在裡作栽培地區宜選擇早熟品種。

實施水稻乾田直播栽培，可能因田區整地不良，使種子裸露於土表或陷於更深還原性土層而使萌芽不良，且在生育後期易發生倒伏因而造成收穫量及品質不穩定，密植、淺播等皆是造成成熟時期倒

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2162 號。接受日期：92 年 6 月 3 日。
2. 本所農藝組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學農藝系教授。臺灣省　臺中市。
4. 通訊作者，電子郵件：yangshulu@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

伏的主要原因。從水稻之生理生態觀點得知，深播環境下，因水稻重心下移，挫折強度(breaking strength)降低，根的乾物質重量增加，根系分布較深且主要分布於心土層，倒伏抵抗性因而減少(赤島等 1992，1994；高屋&宮坂 1983)。台灣半矮性水稻品種的選育，首由台中區農業改良場開始，於 1957 年由地方品種低腳烏尖(Dee-geo-woo-gen)與菜園種(Tsai-yuan chung)之雜交後代選育出半矮性水稻品種台中在來 1 號，該品種帶有 *sd-1* 基因，而國際稻米研究所(International Rice Research Institute，IRRI)以台灣之低腳烏尖與印尼品種 Peta 雜交選育出 IR-8；中國大陸之矮化品種亦隨之有重大進展，其主要的半矮性種源爲矮腳南特、矮仔占、花龍水田谷、矮種水田谷及中山無名種，並衍生南京 11 號、矮南早 1 號及輻蓮矮等，均帶有 *sd-1* 基因；其他如美國之 colrose76、日本之 Remi 及 Shiranui 等(梁等 1994；Kikuchi & Ikehashi 1984；Mackill & Rutger 1979；Oka 1974；Tanisaka 等 1994)，此等一連串之半矮性系統，具有強稈、多產之優點，已爲眾所皆知之事實。因此，進行矮性深播之研究在直播栽培育種有其重要性。

材料與方法

供試水稻品種

日本北海道大學農學部育種研究室育成之矮性水稻近同源系及其輪迴親 Shiokari 等 18 個品種(系)爲供試材料(表 1)。

試驗方法

以 46×28×16cm 之塑膠盆放置 6 cm 高度之砂質壤土，作爲播種床。種子經消毒、催芽後直接播種；每品系各播種 30 粒，覆蓋土壤以 1 泥炭土：1 砂土：1 壤土均勻混合。以覆土 5、7 cm 作爲兩個播種深度處理，各品系與各播種深度均重複 2 次。

表 1. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系

Table 1. Dwarf near-isogenic lines of Shiokari rice used in the experiment

Dwarf gene	Origin of dwarf	Number of. backcrossing	Plant Height (cm)
sd-1	Dee-geo-woo-gen dwarf	BC_7	51.4
d-1	Daikoku dwarf	BC_7	32.2
d-2	Ebisu dwarf	BC_7	56.4
d-6	Lop-leaved dwarf	BC_6	50.8
d-7	Cleistogamous dwarf	BC_8	51.0
d-10	Kikebanshinriki(tillering dwarf)	BC_9	44.6
d-12	Yukara dwarf	BC_5	55.8
d-14	Kamikawa-bunwai dwarf	BC_5	45.2
d-17^t	Slender dwarf	BC_8	44.0
d-18^k	Kotake-tamanishiki dwarf	BC_8	48.0
d-19	Kamikawa dwarf	BC_6	60.4
d-27	Tillering dwarf	BC_6	68.0
d-30	Waisei-shirasasa dwarf	BC_5	58.4
d-35^t	Tanginbozu dwarf	BC_{10}	55.6
d-42^t	Ligueless dwarf	BC_6	64.2
d-51	Dwarf Kyushu-8	BC_7	50.4
d-52	Dwarf Kyushu-2	BC_4	51.8
Shiokari	Recurrent parent		78.8

調查項目及方法

以播種後逐日進行出土反應之調查包括出土率(emergence percentage)、出土勢(emergence speed)、平均出土日數(mean of emergence days)及出土係數(emergence index)，並於播種後第 20 日進行幼苗之中胚軸(mesocotyl)、鞘葉、不完全葉、第 1~3 葉葉身(1st~3rd leaf sheath)、第 1~2 葉葉鞘(1st~2nd leaf blade)、鞘葉節間(coleoptile internode)、不完全葉節間(incomplete leaf internode)、第 1~2 葉節間(1st~2nd leaf internode)、苗長(seedling length)等性狀之長度及葉數等性狀調查。將所調查之結果比較輪迴親與矮性近同源系之差異，並計算外表型相關、遺傳型相關及遺傳率，並進行主成分分析(Principal Components Analysis，PCA)。

出土率：發芽期間出土幼苗數佔總播種種子之百分比。

出土勢：播種後 6 日內出土幼苗數佔總播種種子數之百分比。

出土係數：出土率/平均出土日數。

結　果

Shiokari 及其矮性近同源系深播 5cm 之變異

調查 Shiokari 及其矮性近同源系出土特性之結果如表 2。由表可以看出因不同的矮性基因導入而造成出土性狀上有不同程度的差異。而與輪迴親 Shiokari 比較可以得知：*d-6* 在出土勢顯著增加，而 *d-1*、*d-2*、*d-18*^{k}、*d-19*、及 *d-42*^{t} 則降低；出土率 *d-6* 明顯增加，而 *d-1*、*d-2*、*d-18*^{k} 及 *d-42*^{t} 等則是抑制；在平均出土日數上，除了 *d-1*、*d-2* 及 *d-18*^{k} 明顯增加外，其餘並無明顯之差異；在出土係數方面，*d-6* 明顯高於 Shiokari，而 *d-1*、*d-2*、*d-17*^{t}、*d-18*^{k} 及 *d-42*^{t} 等則下降。

表 2. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 5cm 深播 20 日後之出土反應

Table 2. Emergence of Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines seeding at 5cm depth after 20 days

Line	Emergence^{z} speed (%)^{y}	Emergence^{z} percentage (%)	Mean emergence days	Emergence index^{y}
sd-1	83	83	4.51	0.19
d-1	28**^{x}	38**	5.33**	0.07**
d-2	52*	50*	5.00*	0.10**
d-6	90*	90*	3.50	0.36*
d-7	73	73	3.50	0.21
d-10	80	80	4.04	0.20
d-12	55	55	3.50	0.19
d-14	83	83	3.63	0.23
d-17^{t}	55	55	4.09	0.14*
d-18^{k}	48*	48*	4.92*	0.10**
d-19	68*	68	4.46	0.15
d-27	73	73	4.17	0.18
d-30	83	83	4.19	0.20
d-35^{t}	80	80	4.75	0.17
d-42^{t}	45*	45*	4.61	0.10**
d-51	73	73	4.14	0.18
d-52	83	83	4.27	0.19
Shiokari	75	75	3.93	0.19

^{z} Data were arcsine transformed.

^{y} Emergence speed：Seedling emergence during six days/All seedling

Emergence index：Emergence speed/ Mean emergence days.

^{x} *, **：significant at 5% and 1% levels according least significant difference(LSD)test, respectively. (Comparison between Shiokari and its near-isogenic line.)

比較 17 個矮性近同源系與 Shiokari 間幼苗特性之差異，其結果如表 3。發現 *sd-1*、*d-17ᵗ*、*d-18ᵏ*、*d-19*、*d-27*、*d-30* 及 *d-35ᵗ* 對中胚軸有明顯之增長效果；在鞘葉節間 *sd-1*、*d-1*、*d-2*、*d-7*、*d-12*、*d-14*、*d-17ᵗ*、*d-18ᵏ*、*d-19*、*d-30*、*d-35ᵗ* 及 *d-42ᵗ* 則抑制伸長；在不完全葉節間，除 *d-7*、*d-10*、*d-12*、*d-14*、*d-51* 及 *d-52* 無差異外，其餘呈現抑制作用；在第 1~2 葉節間除 *d-1* 有明顯之促進伸長外，其餘並不促進伸長。至於在其他幼苗性狀，鞘葉(*d-17ᵗ*、*d-18ᵏ* 明顯抑制伸長)、不完全葉(*d-1*、*d-18ᵏ*、*d-30*、*d-35ᵗ* 明顯抑制伸長)、第 1 葉葉身(*d-1*、*d-18ᵏ* 及 *d-35ᵗ* 明顯抑制伸長，*d-2*、*d-42ᵗ* 則明顯伸長)、第 1 葉葉鞘(*d-1*、*d-18ᵏ*、*d-35ᵗ* 明顯抑制伸長，而 *d-6*、*d-17ᵗ* 則促進伸長)、第 2 葉葉身(*d-1*、*d-18ᵏ*、*d-35ᵗ* 呈現明顯抑制伸長，而 *d-2* 及 *d-6* 呈現明顯伸長)、第 2 葉葉鞘(*d-1*、*d-2*、*d-18ᵏ* 及 *d-35ᵗ* 呈現明顯抑制伸長；而 *d-6* 及 *d-12*、*d-30*、*d-52* 則明顯伸長)、第 3 葉葉身(*d-1* 及 *d-35ᵗ* 呈現明顯抑制作用，而 *d-6* 則有促進)、苗長(*d-1*、*d-10*、*d-14*、*d-18ᵏ*、*d-35ᵗ* 及 *d-42* 呈現明顯抑制；*d-2*、*d-6*、*d-12*、*d-17ᵗ*、*d-19* 及 *d-42ᵗ* 明顯增長)及葉數(*d-2*、*d-7*、*d-18ᵏ*、*d-19*、*d-35ᵗ* 及 *d-52* 明顯增加)等性狀因矮性基因之導入而有不同的表現。

因此 Shiokari 及其近同源系在深播 5cm 下，主要以中胚軸、鞘葉節間及不完全葉節間伸長促使幼苗出土；各矮性基因的表現以 *d-1*、*d-2*、*d-18ᵏ* 及 *d-42ᵗ* 之出土明顯受到抑制，*d-6* 則促進出土，其他幼苗器官長度則因不同矮性基因之導入而產生差異。

計算 17 個矮性近同源系及其輪迴親 Shiokari，出土情形與各性狀間之外表型、遺傳型相關及遺傳率，結果如表 4 所示。所調查的 18 個性狀間之外表型相關係數介於 0.992~-0.813，外表型正相關程度最大為出土勢(A)與出土率(B)，負相關程度最大為平均出土日數(C)與出土係數(D)；平均出土日數(C)、中胚軸(E)、第 1 葉節間(H)、第 2 葉節間(I)及葉數(R)與其他性狀間之外表型相關主要呈負相關，出土勢(A)、出土率(B)、出土係數(D)、鞘葉節間(F)及不完全葉節間(G)與其他性狀間之外表型相關則正、負相關皆有，第 1~3 葉葉身(L、M、P)、第 1~2 葉葉鞘(M、O)及苗長(Q)之間皆成正相關。遺傳相關係數介於 1.000~-1.000；性狀之遺傳率最小為出土率(0.508)，最大為第 2 葉節間(0.937)。

進一步以相關係數進行主成份分析，結果如表 5。第 1 至第 3 主成分的累加變異為 74.60％，表示至第 3 主成分已可說明全體之變異性，第 1 主成份的特徵值為 7.8142，占總變方的 45.97％，第 1 主成份上，各性狀的成分係數以平均出土日數、中胚軸、第 1~2 葉節間及葉數為負值，其餘性狀為正值，其中以第 2 葉葉鞘及苗長的正值成分係數較大。第 2 主成份的特徵值為 2.9627，占總變方的 17.43％，在第 2 主成份上，出土勢、出土率、平均出土日數、中胚軸、第 2 葉葉鞘、第 3 葉葉身及葉數為負值，其餘性狀為正值，其中以不完全葉節間、第 1 葉節間、鞘葉的正值成分係數較大，以中胚軸的負值成分係數較大。第 3 主成分的特徵值為 1.9028，占總變方的 11.21％，在第 3 主成分上，平均出土日數、中胚軸、鞘葉、不完全葉、第 1~3 葉葉身、第 2 葉葉鞘及苗長為負值，其餘均為正值，其中出土勢、出土率、不完全葉節間的正值成分係數較大，以第 1~2 葉葉身的負值成分係數較大。

依第 1 與第 2 主成份之值計算所得的各矮性近同源系及其輪迴親 Shiokari 之分布如圖 1 所示。由分布圖中可發現，*d-6*、*d-7*、*d-12*、*d-14*、*d-51*、*d-52* 及 Shiokari 分布在第一象限，*d-1*、*d-2*、*d-42ᵗ* 位於第二象限，*d-17ᵗ*、*d-18ᵏ*、*d-19* 及 *d-35ᵗ* 位於第三象限，*sd-1*、*d-10*、*d-27* 及 *d-30* 位於第四象限，其中 *d-17ᵗ* 及 *d-19* 的關係較為密切，而 *d-7*、*d-14*、*d-51*、*d-52* 則與 Shiokari 關係較為密切。而依第 1 與第 3 主成分之值計算所得的各矮性近同源系及輪迴親 Shiokari 之分布圖如圖 2 所示。由分布圖中可發現 *d-6*、*d-7*、*d-10*、*d-12*、*d-14*、*d-51*、*d-52* 及 Shiokari 分布在第一象限，*d-1*、*d-18ᵏ* 及 *d-35ᵗ* 位於第二象限，*d-2*、*d-17ᵗ*、*d-19* 及 *d-42ᵗ* 位於第三象限，*sd-1*、*d-27* 及 *d-30* 位於第四象限，可發現大部分矮性基因主要分布於第一象限。

Shiokari 及其矮性近同源系深播 7cm 之變異

表 6 為深播 7cm 下，Shiokari 及其矮性近同源系之出土反應。以各矮性近同源系與 Shiokari 比較結果得知：*sd-1*、*d-6*、*d-12*、*d-14* 及 *d-51* 之出土勢明顯增加，*d-1* 則下降；*d-6*、*d-12*、*d-14* 出土率明顯增加；而在平均出土日數上，除了 *d-1* 的平均出土日數達 7.00 天，明顯增加外，其他矮性近同源系

表 3. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 5cm 深播 20 日後之幼苗特性

Table 3. The seedling characters of Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines seeding at 5cm depth after 20 days

Line	A[z]	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
sd-1	24.0**[y]	5.3*	6.6**	1.1	1.0	21.7	29.1	16.1	34.8	72.9	49.9	93.8	222.5	4.33
d-1	5.8	2.5**	14.2**	5.1**	2.7**	23.0	23.7**	10.3**	25.4**	46.4**	28.4**	50.0*	125.2**	4.23
d-2	11.3	2.8**	18.5**	1.0	1.0	30.5	31.9	22.7**	34.4	84.8**	36.0**	82.1	191.8*	4.47*
d-6	5.3	7.4	21.0*	1.9	1.0	30.5	34.3	16.6	42.6**	79.8*	63.1**	111.5*	251.8**	4.22
d-7	9.3	5.8*	22.3	2.0	1.0	23.4	32.0	18.7	37.6	71.2	50.2	86.8	210.5	4.48*
d-10	8.3	10.5	23.8	1.2	1.0	23.2	30.6	174	33.3	64.7	45.9	80.0	185.8**	4.27
d-12	3.3	4.8**	29.6	2.3	1.0	30.2	32.2	17.4	35.0	71.6	56.6**	103.1	256.2**	4.23
d-14	3.8	5.7*	27.5	1.5	1.1	25.5	32.8	18.2	34.3	72.0	47.5	81.9	185.0**	4.4
d-17[t]	20.4**	5.5*	11.4**	1.3	1.0	18.5*	31.3	18.2	40.4*	71.5	45.9	81.5	189.1*	4.15
d-18[k]	12.6*	4.2**	14.2**	2.8	1.0	18.1*	21.0**	13.6**	26.8*	52.9**	34.3**	99.3	177.6**	4.84**
d-19	16.8**	6.5*	12.6**	1.0	1.0	24.2	27.7	18.2	30.9	69.9	46.2	87.6	193.8*	4.44*
d-27	13.4*	10.0	13.9**	1.0	1.0	23.4	28.3	18.1	34.7	78.1	52.4	93.0	231.5	3.96
d-30	19.5**	6.0*	9.9**	1.2	1.0	21.6	24.1**	17.3	35.9	78.4	55.9*	96.4	218.7	4.20
d-35[t]	16.9**	2.9**	12.0**	1.9	1.0	22.5	23.1**	12.5**	26.3*	50.1**	36.9*	59.1*	154.2**	4.64**
d-42[t]	6.9	6.2*	17.0**	2.8	1.0	30.1	30.1	21.5**	35.0	77.5	40.8	85.6	195.7*	4.13
d-51	5.7	9.2	23.4	1.9	1.0	24.1	31.9	18.6	37.4	68.6	48.3	90.6	226.0	4.24
d-52	5.3	6.6	24.2	1.7	1.0	26.9	33.1	17.1	34.4	68.4	53.7*	92.9	215.9	4.52*
Shiokari	6.8	10.5	27.7	1.8	1.0	28.9	31.8	17.6	34.2	69.7	46.5	82.5	218.8	4.23

[z] Character：A Mesocotyle length；B Coleoptile internode length；C Incomplete internode length；D 1st leaf internode length E 2nd leaf internode length；F Coleoptile length；G Incomplete length；H 1st leaf sheath length；I 1st leaf blade length J 2nd leaf sheath length；K 2nd leaf blade length；L 3rd leaf sheath length；M Seedling length ； N Leaf number.　　Unit(A)~(M) ： mm

[y] *, ** ： Significant at 5% and 1% levels by least significant difference(LSD)test, respectively. (Comparison between Shiokari and its near-isogenic line.)

表 4. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系出土反應及幼苗特性在 5cm 深播之外表型相關、遺傳相關及遺傳率

Table 4. Phenotypic(below diagonal) and genotypic(above diagonal) correlation among emergence and the seedling character of Shiokari and its dwarf near-isogenic lines at 5cm seeding depth

Character	A[z]	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Emergence speed(A)		1.000	-1.000	1.000	0.046	-0.036	0.800	0.026	-0.729	0.338	0.838	0.724	0.690	0.748	0.784	0.729	0.738	-0.506
Emergence percentage(B)	0.992**y		-1.000	1.000	-0.021	-0.024	0.801	0.057	-0.725	0.337	0.894	0.695	0.752	0.808	0.857	0.871	0.799	-0.556
Emergence days(C)	-0.509*	-0.479*		-1.000	-0.025	0.071	-0.996	-0.011	0.862	-0.356	-0.875	-1.000	-0.766	-0.905	-0.802	-0.847	-0.830	0.716
Emergence index(D)	0.889**	0.886**	-0.813**		-0.079	-0.124	0.768	0.064	-0.635	0.185	0.781	0.670	0.752	0.752	0.783	0.804	0.711	-0.589
Mesocotyle length(E)	0.131	0.111	0.330	-0.152		0.866	-0.078	-0.390	-0.345	0.803	-0.046	0.275	-0.478	0.168	0.040	0.169	0.287	-0.006
Coleoptile internode length(F)	0.492*	0.476*	-0.445	0.488*	-0.194		0.001	-0.539	-0.295	0.773	-0.077	0.151	-0.452	0.199	0.149	0.178	0.240	-0.383
Incomplete leaf internode length(G)	0.138	0.127	-0.613**	0.416	-0.865**	-0.358		0.061	-0.852	0.385	0.889	0.804	0.492	0.666	0.585	0.612	0.813	-0.359
1st leaf internode length(H)	-0.672**	-0.604**	0.349	-0.501*	-0.433	-0.396	0.045		-0.147	-0.270	0.024	-0.223	-0.268	-0.488	-0.306	-0.325	-0.105	0.864
2nd leaf internode length(I)	-0.564*	-0.461	0.451	-0.463	-0.232	-0.378	-0.118	0.810**		-0.772	-0.837	-0.805	-0.190	-0.609	-0.501	-0.593	-0.844	0.172
Coleoptile length(J)	0.034	0.019	-0.314	0.190	-0.618**	0.143	0.586*	-0.022	-0.118		0.479	0.656	-0.097	0.635	0.330	0.509	0.607	-0.277
Incomplete leaf length(K)	0.329	0.302	-0.654**	0.520*	-0.443	0.402	0.643**	-0.357	-0.339	0.622**		0.873	0.734	0.814	0.572	0.647	0.707	-0.531
1st leaf sheath length(L)	0.105	0.025	-0.308	0.123	-0.080	0.315	0.271	-0.576*	-0.591*	0.491*	0.649**		0.431	0.928	0.563	0.775	0.771	-0.468
1st leaf blade length(M)	0.396	0.357	-0.663**	0.561*	-0.007	0.343	0.185	-0.481	-0.467	0.326	0.739**	0.593**		0.701	0.735	0.716	0.456	-0.545
2nd leaf sheath length(N)	0.302	0.244	-0.432	0.348	0.051	0.330	0.117	-0.632**	-0.548*	0.512*	0.631**	0.860**	0.794**		0.768	0.898	0.704	-0.730
2nd leaf blade length(O)	0.670**	0.678**	-0.812**	0.835**	-0.064	0.504*	0.275	-0.514*	-0.517*	0.296	0.568*	0.317	0.751**	0.607**		0.954	0.859	-0.628
3rd leaf sheath length(P)	0.383	0.319	-0.561*	0.477*	-0.031	0.351	0.178	-0.439	-0.642**	0.236	0.369	0.412	0.598**	0.609**	0.755**		0.856	-0.662
Seedling length(Q)	0.490*	0.440	-0.726**	0.621**	-0.113	0.504*	0.329	-0.490*	-0.612**	0.447	0.579*	0.481*	0.685**	0.701**	0.883**	0.867**		-0.400
Leaf number(R)	-0.001	-0.090	0.295	-0.006	0.068	-0.495*	-0.029	0.058	-0.113	-0.298	-0.349	-0.300	-0.476*	-0.388	-0.388	-0.087	-0.372	
Heritability	0.619	0.508	0.620	0.612	0.661	0.904	0.922	0.616	0.937	0.665	0.806	0.828	0.645	0.807	0.705	0.709	0.885	0.549

[z] Character：the same as the left.

[y] *, **：Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 5. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 5cm 深播幼苗特性之主成分分析

Table 5. Principal component analysis for 17 seedling characters in Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines at 5cm seeding depth

Seeding characters	Principal component		
	1	2	3
Emergence speed	0.2331	-0.2720	0.3704
Emergence percentage	0.2140	-0.2590	0.4057
Emergence days	-0.2839	-0.1039	-0.2257
Mesocotyle length	-0.0523	-0.5158	-0.2575
Coleoptile internode length	0.2189	0.0106	0.1683
Incomplete leaf internode length	0.1540	0.4129	0.3002
1st leaf internode length	-0.2423	0.3276	0.0979
2nd leaf internode length	-0.2504	0.2407	0.0558
Coleoptile length	0.1712	0.3826	-0.0948
Incomplete leaf length	0.2758	0.2473	-0.0316
1st leaf sheath length	0.2363	0.0853	-0.4190
1st leaf blade length	0.2942	0.0014	-0.1905
2nd leaf sheath length	0.2888	-0.0678	-0.3879
2nd leaf blade length	0.3176	-0.0753	0.1415
3rd leaf sheath length	0.2656	0.0047	-0.0456
Seedling length	0.3184	-0.1448	-0.0126
Leaf number	-0.1399	-0.0606	0.2350
Eigen value	7.8142	2.9627	1.9058
Difference	4.8515	1.0568	0.6088
Proportion	0.4597	0.1743	0.1121
Cumulative contribution	0.4597	0.6339	0.7460

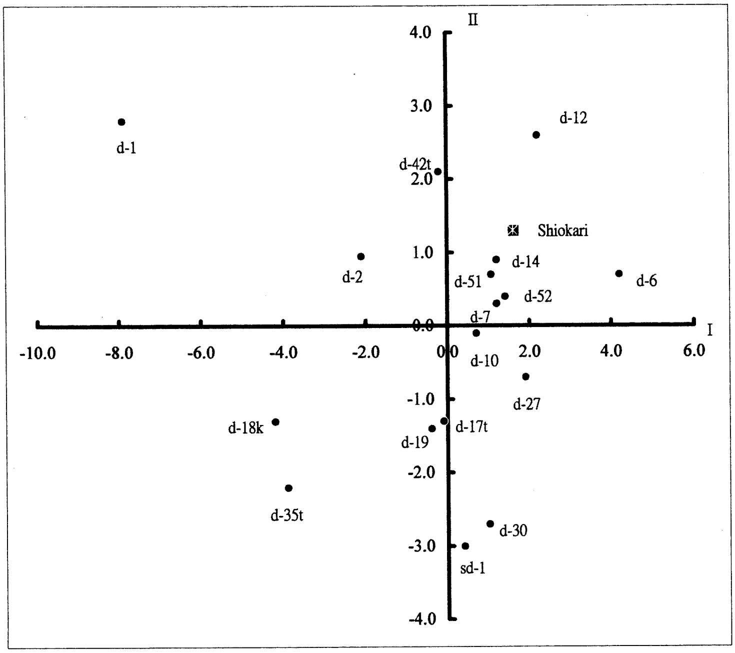


圖 1. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 5cm 深播第一與第二主成分之分布圖。

Fig. 1. Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines scattered in the plane by the first two components at 5cm seeding depth.

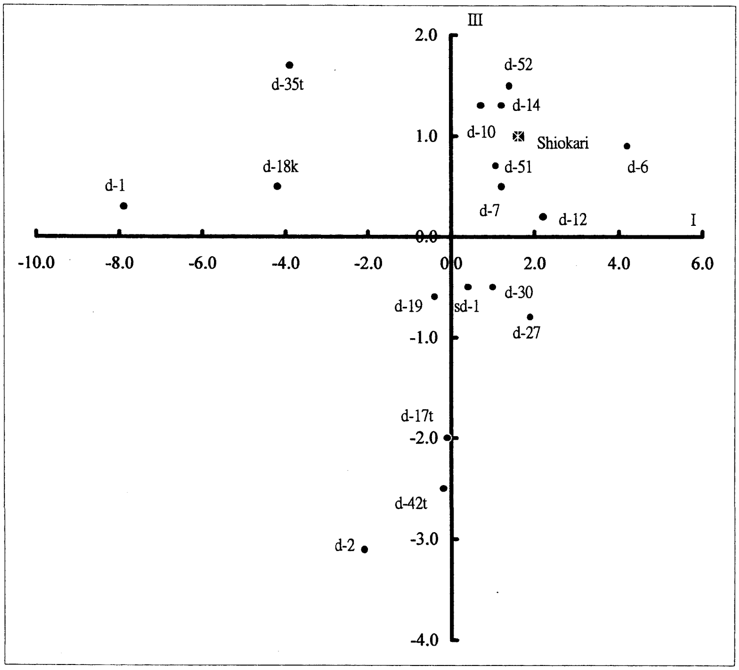


圖 2. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 5cm 深播第一與第三主成分之分布圖。

Fig. 2. Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines scattered in the plane by the first and third components at 5cm seeding depth.

表 6. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 7cm 深播 20 日之出土反應

Table 6. Emergence of Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines seeding at 7cm depth after 20 days

Line	Emergence^z speed (%)^y	Emergence^z Percentage (%)	Mean emergence days	Emergence index^y
sd-1	68*^{x}	68	4.74	0.15
d-1	03*	10	7.00**	0.01*
d-2	45	48	4.79	0.10
d-6	70*	78*	4.69	0.17*
d-7	65	68	4.57	0.15*
d-10	60	60	4.09	0.15
d-12	65*	70*	4.72	0.16*
d-14	70*	73*	4.33	0.17*
d-17^t	40	43	5.34	0.08
d-18^k	25	28	5.48	0.05
d-19	43	45	5.05	0.09
d-27	48	50	5.15	0.10
d-30	45	50	4.64	0.11
d-35^t	40	45	5.80	0.11
d-42^t	45	50	5.15	0.10
d-51	63*	63	4.27	0.15*
d-52	53	53	4.68	0.12
Shiokari	35	43	4.93	0.09

^{z} Data were arcsine transformed

^{y} Emergence speed：Seedling emergence during six days/All seedling

Emergence index：Emergence speed/ Mean emergence days

^{x} *, **：significant at 5% and 1% levels according least significant difference（LSD）test, respectively. (Comparison between Shiokari and its near-isogenic line.)

與 Shiokari 間並無明顯之差異；出土係數在 *d-6*、*d-7*、*d-12*、*d-14* 及 *d-51* 明顯高於 Shiokari，而 *d-1* 則下降。顯示在深播 7cm 下，*sd-1*、*d-6*、*d-12*、*d-14*、*d-51* 促進幼苗出土、*d-1* 明顯抑制幼苗出土，其餘矮性近同源系與 Shiokari 之出土反應較爲相似。由此可知，*d-6* 在深播下促進出土，*d-1*、*d-2*、*d-18*^{k} 及 *d-42*^{t} 在深播環境下明顯抑制幼苗之出土。

比較 17 個矮性近同源系與 Shiokari 間幼苗特性之差異，其結果如表 7。可以看出 *sd-1*、*d-19* 及 *d-27* 對中胚軸有明顯之增長效果；鞘葉節間在 *d-1*、*d-2*、*d-10*、*d-12*、*d-14*、*d-35*^{t} 及 *d-52* 呈現抑制作用，而 *d-19* 及 *d-35*^{t} 則有促進作用；不完全葉節間在 *sd-1*、*d-1*、*d-2*、*d-6*、*d-18*^{k}、*d-19*、*d-27*、*d-35t* 及 *d-42*^{t} 呈現抑制作用，其中 *d-1* 幾乎不伸長；第 1 葉節間，*d-27* 有抑制伸長，*d-12* 及 *d-35*^{t} 則促進伸長；第 2 葉節間除 *d-1*、*d-2* 有促進伸長外，其餘基因則無差異。鞘葉在 *d-1* 抑制伸長，*d-19* 及 *d-27* 則促進伸長；不完全葉在 *d-1* 抑制伸長，在 *d-14* 及 *d-42*^{t} 促進伸長；第 1 葉葉身在 *d-1*、*d-18*^{k} 及 *d-35*^{t} 抑制伸長，*d-2* 基因明顯促進伸長；第 1 葉葉鞘在 *d-18*^{k} 抑制伸長，而 *d-6*、*d-14* 及 *d-52* 促進伸長；第 2 葉葉身在 *d-1*、*d-18*^{k}、*d-35*^{t} 抑制伸長，而 *d-2* 促進伸長；第 2 葉葉鞘在 *d-1*、*d-18*^{k} 及 *d-35*^{t} 抑制伸長，而 *d-6* 及 *d-52* 促進伸長；第 3 葉葉身在 *d-1* 及 *d-35*^{t} 抑制伸長，而 *d-6* 及 *d-52* 則有促進作用；苗長在 *d-1*、*d-2*、*d-7*、*d-10*、*d-14*、*d-17*^{t}、*d-18*^{k}、*d-19*、*d-35*^{t} 及 *d-42*^{t} 抑制伸長及葉數在 *d-18*^{k} 及 *d-35*^{t} 明顯增加，其它各性狀因矮性基因之不同而有不同的表現。

在所調查的 17 個矮性近同源系及其輪迴親 Shiokari 中，深播 7cm 下，出土情形與各性狀間之外表型、遺傳型相關及遺傳率如表 8 所示。所調查的 18 個性狀間之外表型相關係數介於 0.989~-0.877，外表型正相關程度最大爲出土勢(A)與出土率(B)，負相關程度最大爲平均出土日數(C)與出土係數(D)；平均出土日數(C)、中胚軸(E)、第 1 葉節間(H)、第 2 葉節間(I)及葉數(R)與其他性狀間之外表型相關主要呈負相關，出土勢(A)、出土率(B)、出土係數(D)、鞘葉節間(F)及不完全葉節間(G)與其他性狀間之外表型相關則正、負相關皆有，第 1~3 葉葉身(L、M、P)、第 1~2 葉葉鞘(M、O)及苗長(Q)之間皆成正相關。遺傳相關係數介於 0.992~-0.875；性狀之遺傳率最小爲鞘葉(0.326)，最大爲苗長(0.903)。

表 7. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 7cm 深播 20 日之幼苗特性

Table 7. The seedling characters of Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines seeding at 7cm depth after 20 days

Line	A[z]	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
sd-1	5.9**[y]	5.4	36.5*	12.4	1.1	26.5	32.3	18.0	30.3	48.5	39.8	72.5	253.9	4.85
d-1	1.0	1.0*	1.5**	12.5	8.5**	10.0**	15.0**	7.0**	27.5	26.0*	23.0**	40.0**	76.5**	5.00
d-2	3.8	3.0*	30.0**	13.9	2.2*	30.8	33.6	21.4*	31.6	63.3*	35.3	79.6	214.4**	4.93
d-6	1.8	5.2	35.9*	12.7	1.7	30.9	36.5	16.6	38.3**	60.0	52.0**	96.7**	270.4	4.75
d-7	1.8	3.1	43.8	13.7	2.0	22.9	37.9	18.5	31.7	49.9	35.1	67.2	210.4**	4.78
d-10	1.2	1.6*	46.7	15.2	1.1	22.3	37.5	18.6	32.6	51.1	33.8	64.9	214.4**	4.84
d-12	1.2	1.1*	37.9	27.5**	1.0	18.4	35.6	18.6	28.9	46.8	36.7	73.0	238.8	5.00
d-14	1.8	1.8*	42.4	15.1	1.0	26.9	40.3*	19.5	35.3*	59.1	39.3	75.9	203.9**	4.56
d-17^t	1.8	3.5	43.4	14.3	1.1	27.8	35.3	18.2	31.0	51.1	32.7	66.7	220.3*	5.08
d-18^k	4.3	5.0	31.3**	18.2	1.0	31.4	31.6	14.8*	24.4*	34.8*	24.9**	56.0	217.3*	5.50**
d-19	4.7*	12.9**	30.8**	11.0	1.0	35.5**	30.3	18.1	27.3	55.6	37.5	76.9	224.0*	4.76
d-27	6.3**	13.4**	33.2**	6.7*	1.0	34.2*	32.0	18.1	26.3	52.3	37.4	72.9	230.3	4.42
d-30	1.6	3.2	40.0	14.4	1.0	25.5	38.4	16.3	32.1	51.0	38.9	71.7	247.5	4.61
d-35^t	2.8	2.6*	26.4**	29.9**	1.4	25.7	30.7	12.9**	27.7	34.2*	25.1**	46.2**	167.4**	5.35*
d-42^t	2.4	3.0	31.1**	12.1	1.5	24.9	39.2*	19.6	34.1	59.9	34.2	76.1	207.4**	4.60
d-51	2.7	3.2	40.2	14.5	1.0	25.3	35.3	17.8	32.1	55.6	40.3	86.5	256.0	4.66
d-52	2.2	2.2*	41.3	13.0	1.0	26.0	35.6	18.7	35.0*	58.0	45.6*	92.1*	275.4	5.02
Shiokari	2.5	5.0	42.6	15.3	1.1	24.1	34.5	18.6	29.6	52.1	37.9	72.7	262.9	4.77

[z] The same as in table 3

[y] *, ** : Significant at 5% and 1% levels by least significant difference（LSD）test, respectively. (Comparison between Shiokari and its near-isogenic line.)

表 8. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系出土反應及幼苗特性在 7cm 深播之外表型、遺傳相關及遺傳率

Table 8. Phenotypic (below diagonal) and genotypic (above diagonal) correlation among emergence and the seedling character of Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines at 7cm seeding depth

Character	A[z]	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Emergence speed A		0.992	-0.646	0.936	0.117	0.640	0.193	-0.843	-0.678	0.152	0.413	0.064	0.377	0.288	0.747	0.445	0.504	0.036
Emergence percentage B	0.989**[y]		-0.619	0.940	0.090	0.628	0.186	-0.765	-0.567	0.138	0.388	-0.029	0.328	0.222	0.730	0.369	0.452	0.107
Emergence days C	-0.857**	-0.827**		-0.846	0.439	-0.457	-0.736	0.345	0.551	-0.509	-0.847	-0.289	-0.791	-0.456	-1.000	-0.668	-0.875	0.344
Emergence index D	0.978**	0.982**	-0.877**		-0.191	0.584	0.473	-0.615	-0.542	0.362	0.630	0.055	0.568	0.333	0.923	0.565	0.666	-0.185
Mesocotyle length E	-0.003	-0.065	0.022	-0.137		-0.241	-0.883	-0.505	-0.271	-0.833	-0.442	-0.122	-0.044	0.019	-0.087	-0.113	-0.112	0.149
Coleoptile internode length F	-0.027	-0.050	0.023	-0.101	0.748**		0.427	-0.524	-0.498	0.054	0.509	0.418	0.545	0.425	0.730	0.511	0.647	-0.586
Incomplete leaf internode length G	0.718**	0.693**	-0.881**	0.715**	-0.075	-0.009		0.084	-0.106	0.830	0.719	0.312	0.232	0.152	0.313	0.215	0.342	-0.082
1st leaf internode length H	0.016	0.052	0.099	0.012	-0.337	-0.474*	-0.009		0.966	-0.060	-0.569	-0.633	-0.552	-0.715	-0.656	-0.472	-0.595	-0.072
2nd leaf internode length I	-0.621**	-0.589*	0.744**	-0.556*	-0.286	-0.266	-0.835**	-0.131		-0.045	-0.733	-0.668	-0.597	-0.652	-0.609	-0.825	-0.679	-0.114
Coleoptile length J	0.258	0.225	-0.346	0.168	0.664**	0.689**	0.352	-0.295	-0.664**		0.787	0.870	0.647	0.811	0.497	0.467	0.636	-0.599
Incomplete leaf length K	0.689**	0.684**	-0.829**	0.696**	-0.076	-0.055	0.864**	-0.093	-0.789**	0.448		0.788	0.933	0.732	0.650	0.522	0.670	-0.446
1st leaf sheath length L	0.678**	0.646**	-0.821**	0.638**	0.200	0.131	0.770**	-0.194	-0.756**	0.525*	0.785**		0.619	0.895	0.345	0.475	0.513	-0.317
1st leaf blade length M	0.601**	0.634**	-0.549*	0.657**	-0.472*	-0.392	0.428	-0.205	-0.168	-0.013	0.612**	0.406		0.798	0.771	0.575	0.728	-0.569
2nd leaf sheath length N	0.630**	0.620**	-0.742**	0.624**	0.116	0.197	0.605**	-0.446	-0.560*	0.529*	0.728**	0.876**	0.639**		0.624	0.642	0.741	-0.538
2nd leaf blade length O	0.687**	0.698**	-0.662*	0.683**	-0.001	0.154	0.539*	-0.358	-0.434	0.342	0.527*	0.546*	0.716**	0.754**		0.823	0.900	-0.480
3rd leaf sheath length P	0.669**	0.669**	-0.717**	0.661**	0.077	0.173	0.556*	-0.370	-0.522*	0.466	0.600**	0.707**	0.670**	0.876**	0.935**		0.975	0.028
Seedling length Q	0.639**	0.628**	-0.769**	0.602*	0.218	0.241	0.786**	-0.141	-0.808**	0.541*	0.679**	0.712**	0.380	0.671**	0.786**	0.817**		-0.448
Leaf number R	-0.425	-0.438	0.450	-0.483*	-0.067	-0.320	-0.270	0.614**	0.125	-0.128	-0.383	-0.409	-0.416	-0.645**	-0.510*	-0.504*	-0.268	
Heritability	0.805	0.776	0.622	0.775	0.841	0.554	0.857	0.837	0.724	0.326	0.712	0.845	0.658	0.839	0.862	0.603	0.903	0.654

[z] Character：The same as the left.

[y] *, **：Significant at 5% and 1% levels, respectively.

進一步以相關係數進行主成份分析，結果如表 9。第一至第三主成分之累積變異爲 82.64 %，表示至第三主成分已可說明全體之變異性；第 1 主成份的特徵值爲 9.1165，占總變方的 53.63 %，第 1 主成份上，各性狀的成分係數以平均出土日數、第 1~2 葉節間及葉數爲負值，其餘性狀爲正值。第 2 主成份的特徵值爲 2.9472，占總變方的 17.34 %，在第 2 主成份上，各性狀的成分係數以平均出土日數、中胚軸、鞘葉節間、鞘葉、第 1~2 葉葉身及苗長爲正值，且以中胚軸、鞘葉節間、鞘葉等性狀的正值成分係數較大，以第 1 葉葉鞘的負值成分係數較大。第 3 主成分的特徵值爲 1.9847，占總變方的 11.67%，在第 3 主成分上個性狀的成分係數，以平均出土日數、鞘葉節間、第 2 葉節間、第 1~2 葉葉鞘及第 2~3 葉葉身爲負值，其餘性狀皆爲正值。

依第 1 與第 2 主成份之值計算所得的各矮性近同源系及其輪迴親 Shiokari 之分布如圖之 3 所示。由分佈圖中可發現，*sd-1*、*d-2*、*d-19*、*d-27* 及 Shiokari 分布在第一象限，*d-17*^{t} 位於第二象限，*d-1*、*d-18*^{k} 及 *d-35*^{t} 位於第三象限，*d-6*、*d-7*、*d-10*、*d-12*、*d-14*、*d-30*、*d-42*^{t}、*d-51* 及 *d-52* 位於第四象限，可發現大部分矮性基因主要分布於第四象限。而第 1 與第 3 主成分之分布圖如圖 4 所示。由分布圖中可發現 *sd-1*、*d-7*、*d-10*、*d-12* 及 Shiokari 位於第一象限，*d-17*、*d-18*^{k} 及 *d-35*^{t} 位於第二象限，*d-1* ^{t} 位於第三象限，*d-2*、*d-6*、*d-14*、*d-19*、*d-27*、*d-30*、*d-42*^{t}、*d-51* 及 *d-52* 位於第四象限，發現大部分矮性基因亦主要分布於第四象限。

Shiokari 及其矮性近同源系深播出土型式之變異

Shiokari 及其矮性近同源系在深播下萌芽初葉之形式，分別如圖 3、圖 4 所示。在深播 5cm 下，大部分矮性近同源系主要以第 1 葉型式出土，仍有少部分植株以不完全葉出土，其中 *sd-1* 的植株以不完全葉出土所佔的比例最高，其次爲 *d-18*^{k}、*d-12*、*d-30*、*d-35*^{t}，而 *d-1*、*d-19* 均以第 1 葉型式出土(圖 5)。當深播深度達 7cm 時，除 *d-1* 均以第 2 葉出土外，*d-19*、*d-35*^{t}、*d-42*^{t}、*d-27*、*d-12*、*d-14* 及 *d-6*

表 9. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 7 cm 深播幼苗特性之主成分分析

Table 9. Principal component analysis for 17 seedling characters in Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines at 7cm seeding depth

Seeding characters	Principal component		
	1	2	2
Emergence speed	0.2807	-0.1417	0.0590
Emergence percentage	0.2762	-0.1680	0.0408
Emergence days	-0.3040	0.1005	-0.0944
Mesocotyle length	0.0346	0.5178	0.1106
Coleoptile internode length	0.0543	0.5311	-0.0440
Incomplete leaf internode length	0.2776	-0.0936	0.2378
1st leaf internode length	-0.0839	-0.2846	0.5130
2nd leaf internode length	-0.2577	-0.1012	-0.4037
Coleoptile length	0.1763	0.4062	0.1630
Incomplete leaf length	0.2844	-0.0951	0.1304
1st leaf sheath length	0.2890	0.0498	0.0988
1st leaf blade length	0.2100	-0.3137	-0.2981
2nd leaf sheath length	0.2947	0.0590	-0.1907
2nd leaf blade length	0.2727	-0.0248	-0.2374
3rd leaf sheath length	0.2902	-0.0233	-0.1921
Seedling length	0.2853	0.0758	0.1361
Leaf number	-0.1779	-0.0775	0.4455
Eigen value	9.1165	2.9472	1.9847
Difference	6.1693	0.9625	1.1205
Proportion	0.5363	0.1734	0.1167
Cumulative contribution	0.5363	0.7096	0.8264

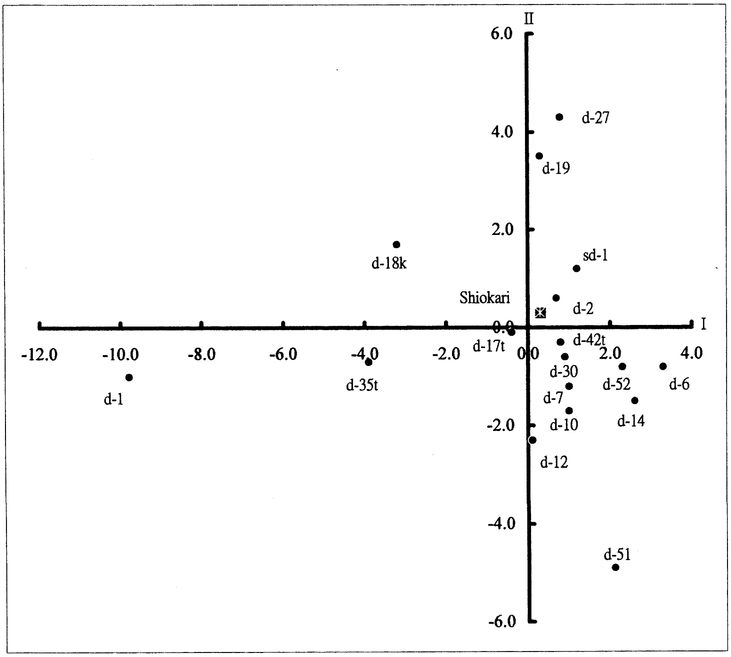


圖 3. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 7 cm 深播第一與第二主成分之分布圖。

Fig. 3. Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines scattered in the plane by the first two components at 7cm seeding depth.

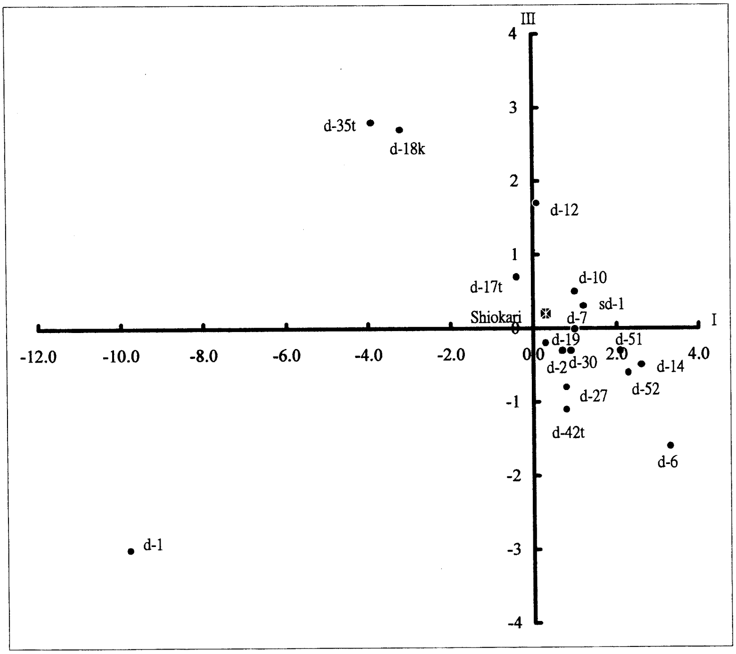


圖 4. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 7 cm 深播第一與第三主成分之分布圖。

Fig. 4. Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines scattered in the plane by the first and third components at 7cm seeding depth.

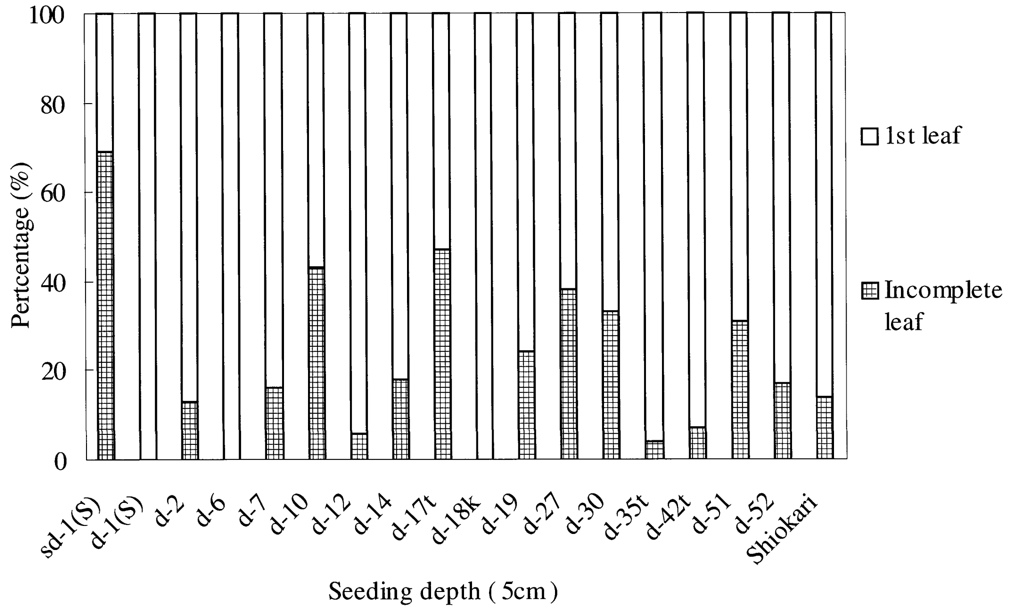


圖 5. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 5 cm 深播萌芽初葉之形式。

Fig. 5. Diagrams showing the kinds of leaf first emerged in Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines at 5cm seeding depth.

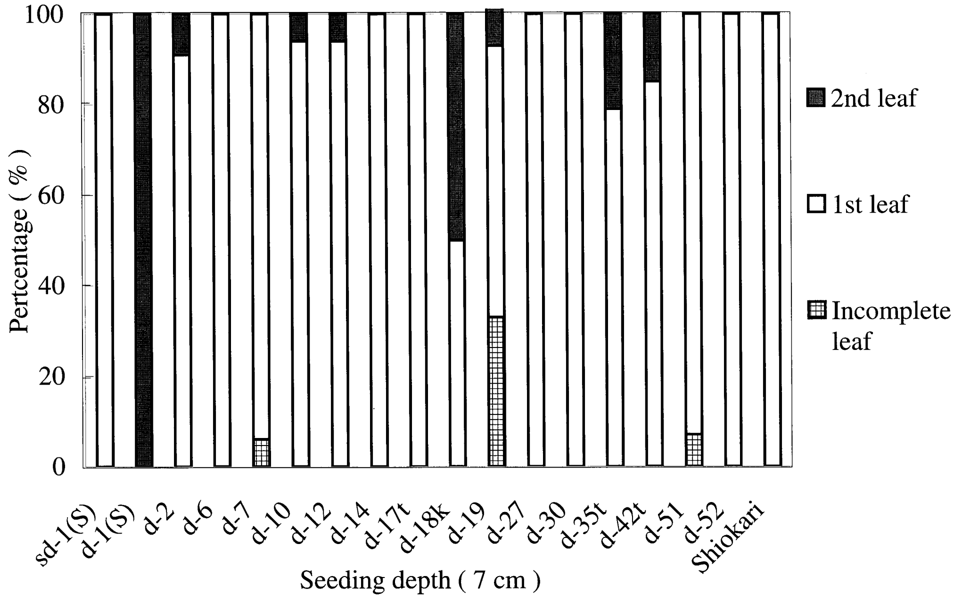


圖 6. 水稻 Shiokari 及其矮性近同源系在 7 cm 深播萌芽初葉之形式。

Fig. 6. Diagrams showing the kinds of leaf first emerged in Shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines at 7cm seeding depth.

有少數幼苗以第 2 葉型式出土，而 *d-27*、*d-52* 及 *d-10* 仍有以不完全葉形式出土外，其餘矮性近同源系及 Shiokari 均以第 1 葉型式出土(圖 6)。顯示深播環境下，Shiokari 及其矮性近同源系大部份以第 1 葉型式出土，當播種深度愈深，第 1 葉出土的比將愈高，且亦會有些許幼苗以第 2 葉型式出土。

討　　論

Dilday 等(1990)利用 M101、RU7703008、L201 及 Labelle 四個水稻品種爲材料，在 6 個不同播種深度下進行試驗，其中 M101 與 RU7703008 爲帶有矮性基因 *sd-1* 之品種，其中胚軸及中胚軸與鞘葉的總長度較短；矮性品種在播種深度超過 3.8cm 時，其出土率不到 50%，而 L201 與 Labelle 尚有 70%之出土率。因而推測，水稻在深播出土率低與中胚軸及中胚軸與鞘葉的總長度較短有關。

帶有矮性基因的水稻品種，其出土率隨著播種深度增加明顯減少(Dilday & Mgonja 1990；Murai 等 1995)；在深播(6 及 7cm)矮性近同源系品種之最終出土率均較其輪迴親本低(Tanisaka 等 1994)。本試驗中調查深播環境下，矮性近同源系之出土性狀與輪迴親 Shiokari 比較則是 5cm 深度下，除 *d-1*、*d-2* 及 $d\text{-}18^k$、*d-19*、$d\text{-}42^t$ 出土反應明顯受到抑制外，其它矮性近同源系則與 Shiokari 無顯著差異。7cm 深度下，*d-1* 之出土反應明顯受到抑制，*sd-1*、*d-6*、*d-12*、*d-14* 及 d-51 之出土反應明顯提升，其它矮性近同源系則與 Shiokari 無顯著差異。而楊等(1997)指出 *d-1* 及 $d\text{-}18^k$ 在 7cm 深度下之出土率較 Shiokari 爲低，平均出土日數則明顯增加，其它矮性近同源系因(*sd-1*、*d-12*、*d-19*、*d-30* 及 *d-345*)在 5、7cm 深度下之出土率及平均出土係數則無顯著差異(楊等 1997)。

Turner 等(1981)指出半矮性水稻品種 Labell 在深播下(6cm)之所以能出土，主要是憑藉中胚軸之伸長；IR24 爲 Indica 栽培種，帶有 *d-47* 基因，在深播條件下(6cm)中胚軸最大可達 5cm。沢恩等(1971)指出某些日本型水稻品種如 Shiokari 之所以深播下仍有較高之出土率主要是由第 2 節間伸長(指鞘葉節至不完全葉節之間)。本研究以 Shiokari 爲遺傳背景之矮性近同源系在深播下能出土，因不同的矮性基因，不同的播種深度而造成不同的低位節間伸長；5cm 深度下，主要因中胚軸或不完全葉節間之伸長而促使幼苗伸長。7cm 深度下，則以不完全葉節間及第 1 葉節間共同伸長促使幼苗出土爲主。

水稻在深播(6cm)，出土率與中胚軸、低節位節間總長及中胚軸加上低節位節間總長間表現型相關呈顯著，而遺傳型相關亦有類似趨勢(沢恩 1971；海妻等 1972)。武田&高橋(1999)指出大麥在播種深度達 12cm 時，鞘葉、第 1 節間、千粒重及稈長等性狀與出土率呈現顯著正相關，鞘葉與第 1 節間及千粒重之間也呈正相關，而第 1 節間與千粒重之間亦呈現正相關。高橋&武田(1999)又指出小麥在播種深度達 12cm 時，鞘葉、第 1 節間、千粒重及稈長等性狀與出土率亦呈現正相關，而鞘葉、第 1 節間及稈長彼此之間亦呈現正相關；故小粒品種中種子的儲存養分仍是限制深播出土的主要原因之一；而小麥鞘葉長度與出土率則是當播種深度愈深，兩者之間相關性愈高。可知深播環境下麥類幼苗出土率受鞘葉長度及第 1 節間伸長之影響，且相互間呈顯著正相關。

輪迴親及矮性水稻近同源系，由於具有同一遺傳背景，遺傳基因作用的效果，大部分認爲是主效因子所產生的多效性作用(Fasoulas & Allard 1962；Qualset 1965)。水稻的矮生性遺傳是相當複雜的，它即受主效基因控制，也受微效基因控制。對於受主效基因控制的矮稈材料，矮生性的遺傳常表現爲質量性狀遺傳特徵，但由於微效基因的作用，又使它表現出某些數量性狀的遺傳特徵，而且矮生性的表現不單受遺傳控制，還受環境因素的影響。主效因子若不具多效性作用，則調查之性狀，矮性近同源系應與輪迴親類似。本試驗的結果，發現大多數調查的性狀，矮性近同源系與輪迴親有顯著之差異，矮性近同源系間之遺傳型相關也存在，再加上主成份分析之結果，矮性近同源系之分布並不全散佈於輪迴親之附近，因此推論深播環境下矮性基因對幼苗生育具有多效性之作用。

Turner 等 (1981) 發現半矮性品種會降低中胚軸的伸長，可能阻礙幼苗出土，並發現在不同播種深度下，其中胚軸的變異不大；Dilday 等 (1991) 將水稻置於暗室 10 天後調查發現中胚軸及鞘葉的總

長度皆較長的品種，在田間及深播仍具有相當高的發芽率；及綜合本試驗試驗之結果得知 *sd-1*、*d-6*、*d-14*、*d-27*、*d-30*、*d-35*^{t}、*d-42*^{t}、*d-51*、*d-52* 在深播環境下，不過分抑制出土，低位節間伸長較長，且抑制葉鞘長度伸長有限，皆可作爲將來育成矮性水稻中出土能力強之品種材料。

引用文獻

寺島一男、秋田重誠、九井長雄。1992。直播水稻の耐倒伏性に関する研究生理生態的形質。I.押し倒抵抗測定による耐ころび型倒伏性の品種間比較。日作紀 61:380-387。

寺島一男、秋田重誠、九井長雄。1994。直播水稻の耐倒伏性に関する研究生理生態的形質。II.耐ころび型倒伏性品種の根の生育特性。日作紀 63:34-41。

沢恩、泉館正彥、飯田行生、海妻矩彥。1971。乾田直播栽培における水稻の出芽に関する遺伝學的研究。II.深播條件下における出芽率の品種間差異ょ乾田直播栽培用品種の育種について。岩手大學農學部研究報告 10:269-282。

武田和義、高橋秀和。1999。オオムギおよびコムギにおける深播耐性の品種變異。育種學研究 1:1-8。

海妻矩彥、佐藤和雄、沢恩。1972。乾田直播栽培における水稻の出芽に関する遺伝學的研究。育種學研究 3:172-179。

高屋武彥、宮坂昭。1983。乾田直播水稻における倒伏防止に関する的研究。II.出穗後における稻體諸形質の推移と倒伏抵抗性と関係。日作紀 52:7-14。

高橋秀和、武田和義。1999。オオムギにける深播耐性のダイアレル分析。育種學研究 1:135-141。

梁國華、顧銘洪、潘學彪、程祝寬。1994。水稻半矮稈基因 *sd-g* 的染色體定位研究。遺傳學報 21:297-304。

楊嘉凌、吳詩都、曾富生。1997。水稻矮性基因在直播栽培下對萌芽及幼苗生長特性之表現。台中區農業改良場研究彙報 55(1):1-9

Dilday, R. H., A. Mgonja, S. A. A momsila, F. C. Collins, and B. R. Well. 1990. Plant height vs. mesocotyl and coleoptile elongation in rice linkage or pleiotropism Crop Sci. 30:815-818.

Fasoulas, A. A., and R. Allard. 1962. Nonallelic gene interaction in the inheritance of quantitative characters in barley. Genetics 47:899-907.

Kikuchi, F., and H. Ikehashi. 1984. Semidwarfing genes of high yielding rice varieties in Japan. RGN. 1:93-94.

Mackill, D. J., and J. N. Rutger. 1979. The inheritance of induced-mutant semidwarfing genes in rice. J. Hered. 70:335-341.

Murai, M., S. Sato, K. Ise, and Y. Semihira. 1995. Effects of the dwarfing gene from Dee-geo-woo-gen and others on emergence ability under deep seeding condition in rice. Breeding Sci. 45:163-171.

Oka, H. I. 1974. A history of the first hybrid semidwarf rice variety, Taichung native 1. SABRAO J. 6:241-243.

Qualset, C. O., C. W. Shaller, and J. C. William. 1965. Performance of isogenic lines of barley as influenced by awn length, linkage blocks and environment. Crop Sci.5:489-494.

Tanisaka, T., N. Takemori, T. Yabu, H. Egashira, Y. Okumoto, and H. Yamagata. 1994. Two useful semidwarfing genes in a short-culm mutant line of HS90 of rice. Breeding Sci. 44:397-403.

Turner, F. T., C. C. Chen, and C. N. Bollich. 1981. Coleoptile and mesocotyl lengths in semidwarf rice seedlings. Crop Sci. 22:43-46.

Variation of Seedling Characters of Shiokari Rice and Its Dwarf Near-Isogenic Lines under Deep Seeding Condition[1]

Shu-Ru Yang[2,5], Charng-Pei Li[3], Shu-Tu Wu[4] and Fu-Sheng Thseng[4]

Summary

Yang, S. R., C. P, Li, S. T, Wu and F. S, Thseng. 2003.Variation of seedling characters of shiokari rice and its dwarf near-isogenic lines under deep seeding condition. J. Agric. Res. China 52:191-206.

In order to understand the seedling characters of different dwarf genes expressed under 5 and 7cm seeding depth, Var. Shiokari and its seventeen dwarf near-isogenic lines were used for investigation. The results were that the emergence ability of *d-1*, *d-2*, *d-18*^{k} and *d-42*^{t} was significantly inhibited at 5cm seeding depth, but *d-6* was enhanced, and no significant difference was found among the rest dwarf near-isogenic lines with Shiokari. All dwarf near-isogenic lines were emerged with the elongated of mesocotyle, however, coleoptile internode and incomplete leaf internode however *d-1* was found emerged by its 1st leaf internode. At 7cm seeding depth, the emergence ability of *sd-1*, *d-6*, *d-12*, *d-14* and *d-52* were enhanced however *d-1* was inhibited and no difference found among the rest dwarf near-isogenic lines with Shiokari. All dwarf near-isogenic lines were emerged by the elongation of incomplete internode and the 1st leaf internode however *d-1* was found emerged by the 2nd leaf internode. Each dwarf genes had different effects along with various degrees on seedling characters at both seeding depth. Most seedlings of Shiokari and its dwarf near-isogenic lines emerged by the 1st leaf. It was found the emerged ratio of the 1st leaf was increase and which the seeding depth however the emergence of 2nd leaf was also observed on some seedings. Through principal components analysis, it was found that Shiokari and its most near-isogenic lines were distributed in 1st quadrant at 5cm seeding depth however the distribution in 4th quadrant was found while seeding depth at 7cm. It was observed that the distribution of dwarf near-isogenic lines were not scattered near Shiokari. Conclusion from principal components analysis and genotypic correlation, it was found that dwarf genes had pleiotropic effects on seedling growth under deep seeding culture.

Key Word : Deep Seeding, Dwarf Near-isogenic Lines, Emergence Ability, Genotypic Correlation, Principal Components Analysis

---

1. Contribution No.2162 from Agricultural Research Insitute, Council of Agriulture. Accepted : June 3, 2003.
2. Research Assistants, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung , Taiwan, ROC.
3. Professors, Department of Agronomy, National Chung- Hsing University, Taichung , Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail : yangshulu@wufeng.tari.gov.tw ; Fax : (04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:207~217 (2003)

楊桃新品種臺農二號-正港 [1]

劉碧鵑 [2,3]　王德男 [2]　劉政道 [2]

摘　要

劉碧鵑、王德男、劉政道。2003。楊桃新品種臺農二號-正港。中華農業研究 52:207-217。

楊桃(*Averrhoa carambola* Linn)臺農 2 號，原品系代號 76-B-10，爲民國 76 年由馬來西亞引入的眾多品系中選拔而來的品種。其園藝性狀優異，經命名審查會通過正式命名爲‘臺農 2 號’，商品名爲‘正港’。本品種果形碩大，果稜肥厚，飽滿端正不易歪扭，果色臘黃色，糖度高，酸澀味低，肉質細緻，風味佳。花柱形態呈短花柱型，小花粉紫紅色，間帶白線條。小葉全緣，長橢圓形。果實產期從 7 月至翌年 3 月，長達 8-9 個月，適合臺灣南部地區(高屏)種植。

關鍵詞：楊桃、引種。

前　言

楊桃(*Averrhoa carambola* Linn)爲酢醬草科五斂子屬植物，原產於東南亞一帶(肖等 2001；Waston *et al.* 1988)，果形奇特美觀，風味可口，營養價值高(鄭 1989)；對環境的適應性強，且楊桃的用途廣泛，尤其是醃漬楊桃汁，更爲盛夏清涼消暑的熱門飲品，除此之外亦常做爲盤飾或沙拉的材料，不論是鮮食或加工的消費量均大，因此楊桃的栽培近幾年廣被熱帶地區的國家所重視，開始進行商業化的經濟生產(肖等 2001；Campbell *et al.* 1987)。至於臺灣楊桃的種植，近幾年來栽培面積一直維持在 2000 公頃左右(劉 2000)，產區主要集中於臺南縣楠西鄉、苗栗縣卓蘭鎮、雲林縣莿桐鄉及彰化縣員林鎮之百果山一帶。

臺灣楊桃的栽培已有近百年的歷史，各地雖有不少實生變異品種出現(王 1991；劉 2000)，但目前可供經濟生產的品種卻僅二林、秤錘及青墘厚稔等幾個品種；這些品種都爲民國 55~60 年前後在產地所發現的實生變異品種，皮肉色偏綠白色，糖度低，且帶酸澀味，風味已無法滿足現代消費者的需求，且多年來植株已漸顯老化(王 1994)，導致果實的品質更趨於低劣，使得楊桃的消費群一直無法擴增，市場競爭力弱。臺灣在加入 WTO 之後，果品間的競爭更爲激烈，爲增強楊桃在國內外市場的競爭力，提高楊桃果實的品質乃爲當務之急，同時爲迎合國人對水果需求有日趨多樣化及優質化的消費習性，提供農家易於栽培管理、生長強健、果實大、果稜厚、皮肉色深黃、果肉細緻、纖維少及風味佳之楊桃新品種將更爲重要。

行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所(鳳試所)一直致力於臺灣楊桃栽培品種的改良，於民國 79 年間曾選育出「臺農 1 號」鮮食用品種(王 1991)，但因該品種的果皮較薄、皮肉色偏綠白

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2163 號。接受日期:92 年 6 月 14 日。
2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所果樹系助理研究員、果樹系研究員兼系主任、研究員兼分所長。臺灣省　高雄縣　鳳山市。
3. 通訊作者，電子郵件：bich0509@fthes-tari.gov.tw；傳眞機：(07)7315590。

色及不耐擦壓傷的特性，雖然果實的品質及風味廣受消費者喜愛，但是農民種植意願不高，以致栽培面積無法取代品質較劣的品種。本分所有鑒於楊桃品種的改良刻不容緩，積極進行優良實生變異品種的選拔與雜交育種的改良，陸續從東南亞地區引進優良栽培品種或品系進行試作觀察與選拔，冀以選育出適合臺灣栽培之豐產、質優的楊桃品種，以供推廣。

臺灣楊桃的生產以供鮮食消費爲主，佔總產量的 90%以上，其選育目標在果實外表性狀上要求果形端正、碩大、果稜肥厚、色澤佳；在果實品質上則要求果肉細緻、纖維少、糖度高及酸澀味低；近幾年來爲突破外銷市場之限制，對楊桃的貯運性及耐低溫性亦有較高的標準，使楊桃能拓銷至遠距離國家。展望未來，臺灣楊桃的生產，對高品質果實的需求將更爲迫切，爲提高果農的收益及國內外市場的競爭力，高品質楊桃果品的選育工作，將更積極進行。

材料與方法

品系來源與選育經過

本品種爲民國 76 年由本分所王主任德男自馬來西亞引入，編號爲 76-B-10，在經多年的品系觀察及選拔後，確定性狀優異，具有發展成爲新品種的潛力與推廣價值。其育成試驗年期如表 1 所示。

表 1. 楊桃臺農 2 號試驗年史

Table 1. Experimental chronicles of Tainung No. 2 carambola

Experiment Period	Experiment Location	Breeding Item	Description
1987	F.T.H.E.S.[z]	Introduction and topworking graft	Head of Dept of Tropical Fruit Tree. at F.T.H.E.S went abroad for study and introduced.
1988	F.T.H.E.S	Quarantine and acclimatization.	Conducted topworking graft observation at F.T.H.E.S. quarantine net room and original breed reservation area.
1989~1991	F.T.H.E.S	Adaptation investigation	1.5 years after topworking graft began to flower and fruiting. Started to investigate it's horticultural features and observe the adaptive growth status in Taiwan, found 76-B-10 and 76-B17 strains were excellent in fruit appearance, quality and other respects, also adapted to Taiwan's climate.
1991~1994	F.T.H.E.S	Variety comparison test	Primarily selected 76-B-10 and 76-B17 two strains, took Cheng-Chui breed for contrast, proceeded variety test. 76-B-10 was found superior in fruit quality. So was selected to continue with regional test.
1995~1999	Li Gang & Nan Xi areas	Regional test	Proceeded the field adaptation observation on selected breed 76-B-10 (Tainung No.2), used same Cheng-Chui for breed comparison. The fruit of Tainung No.2 proved much superior than Cheng-Chui in quality and taste. It's also outstanding in productivity and shape.
1999~2000	Li Gang & Nan Xi areas	Study on plant diseases and insect-pests & post-harvest handling test	Continued the field study on susceptibility to plant diseases and insect-pests, post-harvest process and storage test work

[z] F.T.H.E.S : Fengshan Tropical Horticulture Experiment Station, ARI.

品系比較試驗

民國 80 年於本分所楊桃試驗園進行，試區採逢機完全區集(RCBD)設計，以秤錘種爲對照品種，加上另一初選品系 76-B-17，共 3 品種(系)，每品種(系)3 株，同時以 3 年生的酸味種實生苗做爲砧木，於定植後進行嫁接，行株距爲 4m×5m，採圓頭型整枝。田間管理方法均按慣行方法行之。

楊桃新品系區域試驗

自民國 84 年至 88 年，分別於臺南縣楠西鄉及屏東縣里港鄉進行，砧木品種採用該地區原來所種植的主力品種一秤錘種，試驗爲逢機選取生長勢相近的成株 3 株進行高接，樹齡爲 20~30 年生，其栽植行株距爲 6m×7m，採水平棚架栽培。田間管理爲 3-4 月冬期果採收期結束後，即進行修剪 1 次，以生產 7-9 月之夏期果，而後進行數次的輕剪，並同時生產 12 月至次年 3 月的冬期果，兩地區均進行一年兩收。果園中另行嫁接有白絲、臺農 1 號、二林等品種做爲授粉樹。各項管理作業按以往慣行方法爲之。

楊桃新品系園藝性狀調查

小葉性狀：以電子游標卡尺測量自新梢起算第 5 對小葉之平均葉長(cm)，並利用葉面積測定器(DELTA-TB)計算第 5 對小葉之平均葉面積(cm^2)。

果實性狀：果實重量(g)以電子天平測量；果長(cm)、果稜厚(cm)、果稜高(cm)、果徑(cm)以電子游標卡尺測量最長果稜的直線距離爲果長；赤道部兩稜溝間的厚度爲果稜厚；赤道部稜溝至稜邊的距離爲果稜高；果稜最大赤道寬度爲果徑；糖度(°Brix)以屈折計測量混合果實汁液所得之數值，以可溶性固形物爲代表；可滴定酸(%)爲果實榨汁後，以 0.1N NaOH 滴定至 pH 8.1 終止，滴定結果按蘋果酸之化學當量經公式換算；果汁含量(%)爲以果汁機壓榨果稜之最大果汁量與原始果實重量之比；貯藏期間之失水率(%)爲置於 29~31℃之室溫環境下，每 2 日未套塑膠袋之果實重量消失率；儲架壽命(日)爲果實貯放至果實表皮出現 5%褐斑或果實風味出現劣變，而無法吸引消費者購買意願的日數；黃化程度乃利用色差計分別測定楊桃果稜之上、中、下段果皮的 L、a、b 值，並以 $\tan^{-1}|b/a|$ 計算其色相角度(θ)，由色相角度之變化表示果皮之黃化程度；理論上色相角度愈大，愈接近於黃色，色相角度值愈小，表示果皮愈近紅色，其褐化也愈爲明顯。官能品評是由 10 名評分員依 9 分制分別對楊桃的外觀、顏色、肉質口感、香氣作嗜好性之調查；表示法爲：非常喜歡= 9，非常不喜歡= 1，不喜歡也不討厭= 5。果皮色的表示值爲：++++ 橙紅色，+++ 橙黃色，++ 黃色，+ 黃白色。

物候調查：始花期爲 5%花開放；果實生育日數爲開花著果後至開始可進入採收作業所需日數；果實成熟期爲果實達 8 分熟(生理成熟階段)，果皮開始轉黃時。

其他：生長勢爲全年各月分，目視植株各部位性狀之表現；產量(公斤/株)爲單株平均產量。

貯藏特性調查：試驗樣品取自里港試區。在果實失水率的調查上，分爲套塑膠袋果與裸果(未套塑膠袋)兩種處理，於室溫下(29~31℃)每日測量果實的失水率；儲架壽命調查爲將果實置於室溫下(29~31℃)，觀察果皮褐化及可食率之變化；模擬外銷貯運性調查爲將果實先行置於 5℃下預冷 2 日，而後於 0℃下 14 日，最後置於 5℃進行 7 日的模擬檢疫處理，取出後再置於 28℃的室溫中模擬販售期 3 日；黃化程度爲利用色差計分別測定果稜上、中、下段果皮之 L、a、b 值，同時以 $\tan^{-1}|b/a|$ 計算色相角度(θ)，來表示果皮之黃化程度，觀察楊桃檢疫處理期間及模擬販售期果皮的褐化情形，色相角度愈低，表示果皮的褐化愈爲明顯。各項處理均爲 3 重複，每處理 15 個果實。

結　果

品系比較試驗-園藝性狀調查

民國 80 年春季嫁接後，81 年開始進行植株園藝性狀的調查。由試驗數據顯示(表 2)，76-B-10 品系之小葉長較秤錘稍長，葉面積則較小，小葉間距較大於秤錘，葉形與秤錘相似爲長橢圓形；花柱爲短花柱型，理論上短花柱型的花，較不會有開花不結果的缺失(謝等　1985)；花色爲粉紫紅色較秤錘的紫紅色爲淡，

花瓣間並帶有白條紋；在著果部位上，76-B-10 品系以新枝的開花比率較秤錘種高，著果部位多在枝條的末端較呈下垂狀。

在果頂形態上，76-B-10 品系均向內呈凹陷狀，種子數目少，果實之食用率及方便性佳；果梗長，在套袋作業上可較其他兩品系便利操作；開花至果實到達可以採收的日數，76-B-10 品系較秤錘種稍晚 5~10 日採收(表 3)。

在果實外觀性狀上，76-B-10 品系較秤錘種爲小，但若就稜厚與稜高的比值而言，76-B-10 品系則高於秤錘，顯示其果稜較爲飽滿，厚度較高；果皮顏色呈現橙黃色，全果均勻著色；在產量方面，76-B-10 品系雖較秤錘爲少，但兩品系間的差異並不明顯(表 4)。

在果實內容物含量上，糖度方面，夏、冬期果 76-B-10 品系分別爲 9.0 及 8.5°Brix 均較對照品種秤錘的 7.8 及 7.4°Brix 爲高，且酸度含量(0.18%、0.25%)也均較秤錘(0.28%、0.21%)爲低，使得糖酸比值均高

表 2. 楊桃臺農 2 號（76-B-10）與秤錘種之小葉、花朵性狀、枝條著果比率及生長勢之比較

Table 2. Comparisons of leaflet, flower character, fruit setting habit and growth vigor of carambola Tainung No.2 (76-B-10) and Cheng Chui in 1992

Cultivar	Leaflet length(cm) [z]	Leaflet area(cm^2) [y]	Fower style	Flower colors	Setting fruit (%)	Growth vigor
Tainung No.2	11.8	53.6	Short	Pale purple red	85	Some leaves shed in winter
Cheng Chui(CK)	11.7	60.0	Long	Purple red	75	No leaf shed in winter

[z] New shoot beginning 5 pair leaflets, average per leaflet of leaflet long.

[y] New shoot beginning 5 pair leaflets, average per leaflet of leaflet areas.

表 3. 楊桃臺農 2 號(76-B-10)與秤錘種之果實性狀及果實發育日數比較

Table 3. Comparisons of fruit characteristics and development days of carambola Tainung No.2(76-B-10) and Cheng Chui in 1992

Cultivar	Fruit end style	Seed number of fruit	Peduncle length [z] (cm)	Fruit development days [y]	
				Summer	Winter
Tainung No.2	Hollow, without stamen	9.5±2.9	4.1±2.1	75	110
Cheng Chui(CK)	Shrill, by chance have stamen	14.8±4.4	3.2±1.0	70	100

[z] Average 20 fruit pediunde length.

[y] Development days was flower beginning until fruit harvest, total fruit development days.

表 4. 楊桃臺農 2 號(76-B-10)與秤錘種之果實性狀與產量

Table 4. Comparisons of fruit characteristics and yield of carambola Tainung No.2(76-B-10) and Cheng Chui in 1993 to 1994

Cultivar	Harvest season	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit rib thickness (cm)	Fruit rib height (cm)	FRT/ FRW	Fruit dimeter (cm)	Fruit shape	Flesh colors	Yield (Kg/ plant) [z]	Imputed yield (t./ha) [y]
Tainung No.2	Summer	188±71	11.0±1.5	2.6±0.1	2.8±0.4	0.93	7.4±0.9	cordate	+++	22.9 [a]	5.46
	Winter	228±41	11.8±0.4	2.5±0.0	2.8±0.1	0.89	7.5±0.4				
Cheng Chui(CK)	Summer	230±42	12.7±0.7	2.4±0.1	2.9±0.5	0.83	7.6±1.2	obovate	++	23.6 [a]	5.66
	Winter	232±81	12.5±1.4	2.2±0.2	3.1±0.5	0.71	8.1±1.4				

[z] Means followed by same letter are not Significantly different at the 5%level in Duncan'smultiple range test.

[y] 240 plants of 3 year old per hector.

於對照品種；在果汁含量的表現，也較秤錘種爲高(表 5)；在果實風味的官能品評上，76-B-10 品系的肉質及果心纖維均細緻，且不帶澀味。整體接受性 76-B-10 品系較對照品種秤錘爲佳(表 6)。

綜合上述各項調查的結果得知，引進的 76-B-10 品系，無論是果實的品質或是風味，均較對照品種秤錘爲優，將可切合消費者的需求，具有發展成爲新品種的潛力及推廣價值。另一比較品系 76-B-17 因在產量及果稜厚的表現較 76-B-10 品系遜色，同時其果皮上的斑點亦影響整體外觀表現，因此予以淘汰留種。民國 84 年開始，將複選出的 76-B-10 品系，遴選產地進行區域試驗，繼續觀察該品系在產地的適應情形。

新品系植株生育性狀調查

嫁接後第 2 年植株生育性狀觀察(民國 85 年)：臺農 2 號之接穗於民國 84 年春季嫁接後，生育情形良好，顯示臺農 2 號與秤錘種嫁接後，並沒有嫁接不親和或適應不良的現象。兩品種(系)於民國 85 年已開始少量著果；在里港試區，果實採收及結束期均較楠西試區晚 10~15 天，分別均自 7 月開始採收後產期至隔年 3 月中下旬結束。

不同品系在不同試區的開花結果情形如表 7 所示，兩品系的始花期大致相同，分別從 4 月中旬開始來花，在果實發育期間會有暫時無花情形，而花期於 12 月下旬~1 月上旬結束。在果實發育日數方面，臺農 2 號夏期果於開花後第 11 週著色達 7-8 分熟時開始採收，比秤錘種開始著色時即行採收的時期略晚約 1 週，而兩品系均於開花後第 14 週需完成採收作業，否則果實即行落下，掛樹期臺農 2 號較秤錘略晚。果園中因嫁接有其他品種做爲授粉樹，果實著果良好，同時果尾歪斜的情形也甚少發生。

表 5. 楊桃臺農 2 號(76-B-10)與秤錘種之果實品質分析比較

Table 5. Comparisons of fruit quality of carambola Tainung No.2(76-B-10) and Cheng Chui in 1993 to 1994

Cultivar	Harvest season	TSS[z] (°Brix)	Titratable acidity (%)	TSS/TA[Y]	pH value	Juice content (%)
Tainung No.2	Summer	9.0±0.3	0.18±0.03	50±8	4.6±0.2	69.4±2.4
	Winter	8.5±0.6	0.25±0.06	34±10	4.2±0.1	71.7±1.5
Cheng Chui(CK)	Summer	7.8±1.2	0.28±0.11	28±11	3.9±0.4	68.8±16.3
	Winter	7.4±0.8	0.21±0.01	35±8	3.7±0.2	62.2±15.7

[z] TSS: total soluble solids.

[y] TA: titratable acidity.

表 6. 楊桃臺農 2 號(76-B-10)與秤錘種之官能品評

Table 6. Comparison of fruit quality of carambola Tainung No.2 (76-B-10) and Cheng Chui in 1994

Cultivar	Astringent	Flesh texture and taste	Core fiber	Aroma	Flavour value
Tainung No.2	Nil	Fine, soft	Less	Slight	7
Cheng Chui(CK)	Slighthy	Middle, mezzo hard	Slight	Slight	5

表 7. 臺農 2 號楊桃在不同試區之開花結果情形

Table 7. The flowering and fruiting of carambola Tainung No.2 at different experiment field in 1996

Cultivar	Location	Flowering periods	Fruit development period[z] (days)		Harvest periods
			Summer	Winter	
Tainung No.2	Li Gang	Mid April.~ early Jun.	75	110	Jun. Late~Mar. late.
	Nan Xi	Mid April.~late Dec.	75	110	Jun. mid.~Mar. mid.
Cheng Chui(CK)	Li Gang	Mid April.~ early Jun.	70	100	Jun.early~Mar. late.
	Nan Xi	Mid April.~late Dec.	70	100	Jun. mid.~Mar. mid.

[z] Fruit development period was counted from full blooming to fruit harvest.

嫁接後第 3 年果實性狀及果實品質調查(民國 86~87 年)：民國 86 年開始進行果實性狀及果實品質調查 (表 8 及表 9)。夏期果為調查 7 月期間發育成熟的果實，冬期果為調查翌年 3 月期間發育成熟的果實。由表 8.顯示，在果實外觀性狀的表現上，單果重方面，臺農 2 號夏、冬期果單果重在里港、楠西試區分別為 328g 及 295g，秤錘種為 291g 及 299g，兩品系間的差異並不顯著，但其中以臺農 2 號在里港試區的表現較優於楠西試區，但楠西試區則反之以秤錘的果重較重；果稜厚度的表現兩試區則均以臺農 2 號較高，較秤錘顯得飽滿，同時果稜亦較不會有歪扭的現象，(臺農 2 號稜厚與稜高比值兩試區分別為 0.71、0.82，秤錘為 0.65、0.73)。其他在果長、稜高及果徑方面，兩品系間的差異亦不明顯。就整體外觀而言，相同單果重的臺農 2 號顯得較對照品種為小，此乃因秤錘之稜高較高，果徑較大，以致雖果重較輕，稜厚稍薄，但果實外觀看起來卻顯得較大所致。在果皮的顏色表現方面，兩品種(系)的色澤差異為臺農 2 號為臘黃色，秤錘為金黃色或黃綠色，其中臺農 2 號稜邊色會同時轉色，而秤錘的稜邊轉色則較慢，採收時常仍為綠色。

在果實品質的表現方面調查結果如表 9 所示，臺農 2 號不論是夏或冬期果的糖度表現均較對照品種秤錘為高(差距達 1.0~2.1 °Brix)，且其酸度亦低，因此糖酸比值均較高於秤錘種。除此之外，果汁含量亦均高於秤錘，食用風味臺農 2 號較秤錘種為優良。

表 8. 臺農 2 號楊桃區域試驗之果實性狀(嫁接後第 3 年)

Table 8. Comparisons of fruit characteristics of carambola Tainung No.2 at different regional trial (grafting after 3 year in 1997 to 1998)

Location	Cultivar	Harvest season	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit rib thickness (cm)	Fruit rib height (cm)	FRT /FRW	Fruit diameter (cm)	Fruit color
Li Gang	Tainung No.2	Summer	308±16	15.4±0.3	2.4±0.1	3.3±0.7	0.73	9.0±0.9	++
		Winter	347±48	14.3±1.3	2.5±0.5	3.6±0.2	0.69	9.3±0.6	+++
		Average	328±32	14.9±0.8	2.4±0.4	3.5±0.5	0.71	9.2±0.7	
	Cheng Chui(CK)	Summer	288±30	14.8±1.6	2.4±0.1	3.4±1.0	0.70	9.1±0.7	++
		Winter	296±48	15.5±0.9	2.2±0.1	3.7±0.6	0.59	9.9±0.7	++
		Average	291±39	15.1±1.3	2.3±0.1	3.6±0.8	0.65	9.5±0.7	
Nan Xi	Tainung No.2	Summer	273±69	15.0±1.8	2.4±0.2	2.8±0.3	0.86	8.5±0.6	++
		Winter	317±35	15.4±0.7	2.5±0.2	3.3±0.2	0.78	9.1±1.1	+++
		Average	295±52	15.3±1.3	2.4±0.2	3.0±0.3	0.82	8.8±0.8	
	Cheng Chui(CK)	Summer	266±33	14.8±1.3	2.1±0.6	2.8±0.2	0.75	9.1±0.6	++
		Winter	334±22	15.2±0.7	2.5±0.1	3.5±0.3	0.71	9.5±0.5	++
		Average	299±27	15.0±0.9	2.3±0.3	3.3±0.2	0.73	9.3±0.5	

表 9. 臺農 2 號楊桃區域試驗之果實品質分析(嫁接後第 3 年)

Table 9. Comparisons of fruit quality in carambola Tainung No.2 at different regional trial (grafting after 3 years in 1997 to 1998)

Location	Cultivar	Harvest season	Total soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	TSS/TA	Juice content (%)
Li Gang	Tainung No.2	Summer	9.3±0.3	0.19±0.01	49±26	72.5±2.6
		Winter	7.9±0.5	0.18±0.02	44±25	75.7±3.5
		Average	8.6±0.4	0.19±0.02	46±26	74.0±3.0
	Cheng Chui(CK)	Summer	7.2±0.5	0.20±0.03	37±17	68.4±2.6
		Winter	6.9±0.2	0.15±0.01	46±23	67.2±7.2
		Average	7.1±0.2	0.17±0.02	43±20	67.8±4.9
Nan Xi	Tainung No.2	Summer	9.7±0.7	0.19±0.02	51±35	67.7±2.1
		Winter	8.1±0.1	0.16±0.01	51±12	72.3±1.2
		Average	8.9±0.4	0.17±0.02	51±24	70.0±1.6
	Cheng Chui(CK)	Summer	7.8±0.3	0.27±0.01	29±2.5	71.2±0.1
		Winter	6.9±0.3	0.19±0.01	36±31	68.3±7.4
		Average	7.3±0.3	0.23±0.01	31±13	69.7±3.7

嫁接後第4年果實性狀及果實品質調查(民國87~88年)：爲繼續觀察臺農2號在產地的品質穩定性，於民國87年於相同地點進行嫁接後第4年的果實性狀及品質調查，並進行果實的官能品評(表10、11、12)，各方面的表現與前1年的調查結果相似。在果實外觀性狀表現上，臺農2號在里港、楠西兩試區夏、冬果平均單果重分別爲304g及280g，秤錘種爲292g及329g，其中里港試區仍以臺農2號的單果重較秤錘爲重，但楠西試區則相反，此可能與楠西試區種植於山坡地且爲石礫地質或其氣候條件較利於秤錘種果實的發育有關，惟兩品系間的差異並不明顯；就稜厚與稜高的比值而言，兩試區之夏、冬期果平均，仍以臺農2號(稜厚與稜高比爲0.78、0.77)顯得較秤錘(0.73、0.67)爲肥厚飽滿；在果皮色澤方面，臺農2號帶有光澤亮度，果皮黃色度比對照品種秤錘爲深，同時稜邊亦會轉色，整體外觀色澤表現較對照品種爲均勻，秤錘果皮的黃色常與稜邊的綠色形成強烈的對比。

在果實品質的表現上(表11)，調查結果仍與前一年相似，果汁糖度的表現兩試區夏、冬期果均以臺農2號較高(平均比秤錘高0.8-1.1°Brix)，且酸度亦較低，使得其糖酸比值亦顯著較高；果汁含量臺農2號亦較秤錘爲高，惟其差異不明顯。經由2年之試區果實品質調查，其結果均以臺農2號的表現較秤錘爲佳，且品質的表現亦頗爲穩定。

表10. 臺農2號楊桃區域試驗之果實性狀(嫁接後第4年)

Table 10. Comparisons on fruit appearance of carambola Tainung No.2 during different regional trial(grafting after 4 years in 1998 to1999)

Location	Cultivar	Harvest season	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit rib thickness (cm)	Fruit rib width (cm)	FRT/ FRW	Fruit diameter (cm)	Fruit color
Li Gang	Tainung No.2	Summer	258±48	14.4±1.0	2.6±0.1	3.2±0.5	0.81	8.9±0.8	
		Winter	349±49	14.7±1.3	2.6±0.1	3.5±0.2	0.74	9.3±0.6	
		Average	304±48	14.6±1.1	2.6±0.1	3.3±0.4	0.78	9.1±0.7	+++
	Cheng Chui(CK)	Summer	254±78	13.5±1.6	2.5±0.1	3.2±0.2	0.78	8.9±0.9	
		Winter	329±28	15.1±1.0	2.5±1.2	3.2±0.2	0.78	8.9±0.3	
		Average	292±53	14.3±1.4	2.5±0.7	3.2±0.2	0.73	8.9±0.6	++
Nan Xi	Tainung No.2	Summer	243±37	12.3±0.6	2.5±0.7	3.2±0.2	0.78	8.5±0.7	
		Winter	317±35	15.5±0.7	2.4±0.2	3.2±0.2	0.75	9.1±1.1	
		Average	280±36	13.9±0.9	2.4±0.2	3.2±0.2	0.77	8.8±0.9	+++
	Cheng Chui(CK)	Summer	324±45	14.4±0.7	2.5±0.1	3.5±0.3	0.71	9.5±0.5	
		Winter	334±28	15.4±0.6	2.5±0.2	3.9±0.3	0.64	10.4±0.5	
		Average	329±36	14.9±0.6	2.5±1.4	3.7±0.3	0.67	10.0±0.5	++

表11. 臺農2號楊桃區域試驗之果實品質分析(嫁接後第4年)

Table 11. Comparisons of fruit quality of carambola Tainung No.2 at difference regional trial (grafting after 4 years in 1988 to1999)

Location	Cultivar	Harvest season	TSS (°Brix)	Titratable acidity (%)	TSS/TA	Juice content (%)
Li Gang	Tainung No.2	Summer	7.5±0.8	0.17±0.02	44±11	67.2±5.7
		Winter	8.5±0.3	0.18±0.02	47±17	68.3±6.7
		Average	8.0±0.6	0.18±0.02	45±29	67.8±6.2
	Cheng Chui (CK)	Summer	6.3±0.6	0.19±0.03	33±19	64.0±0.0
		Winter	8.0±0.6	0.22±0.07	36±8	67.7±3.7
		Average	7.2±0.6	0.21±0.05	35±14	65.8±1.8
Nan Xi	Tainung No. 2	Summer	8.5±0.5	0.22±0.08	39±6	70.6±1.8
		Winter	8.1±0.1	0.16±0.01	51±12	67.2±1.2
		Average	8.3±0.3	0.19±0.05	44±6	68.9±1.5
	Cheng Chui (CK)	Summer	6.6±0.9	0.20±0.02	34±13	67.1±8.5
		Winter	6.9±0.3	0.19±0.01	36±15	68.3±7.4
		Average	6.7±0.6	0.19±0.01	35±37	67.7±7.9

在官能品評的分析結果上，經由試驗所組成的品評團，評鑑兩品系的風味結果顯示，兩試區所植的楊桃，臺農 2 號其果肉質地及果心纖維的食用口感較秤錘顯得細緻可口，不帶酸澀味且微帶有清甜香，綜合品評結果，臺農 2 號風味優於對照品種秤錘(表 12)。

經由 5 年來在產地的適應性調查結果顯示，臺農 2 號不論是夏、冬期果在兩試區的表現均甚爲穩定或一致。在外觀上其果形大，果稜厚且端正，果實品質及風味也優於秤錘種，各種園藝性狀之表現也甚爲穩定，極具市場發展潛力。

貯藏特性調查

室溫下儲架壽命的調查(表 13)，結果顯示臺農 2 號的老化速率較秤錘爲快，其轉色及腐敗率較高，大約只有 3~5 日的儲架壽命，而秤錘種的儲架壽命較久(7~10 日)，且至果實完全不堪食用時，秤錘種的褐化現象亦較臺農 2 號不明顯，顯示臺農 2 號的可販售期較秤錘種爲短。

楊桃爲適宜冷藏(5℃以上溫度)保鮮的熱帶水果(楊&王 1993；王等 1997；謝 2000)，在 5℃的冷藏環境中可貯存 42 天以上，但其中來自馬來西亞的品系則較不耐檢疫低溫(0℃)，因其在貯藏期間即容易發生寒害症狀。本試驗亦將臺農 2 號的果實置於 0℃的環境中觀察其耐低溫性，發現其會有針孔狀斑點的寒害症狀產生，顯示該品系果實並不適於進行低溫檢疫。而觀察模擬貯運期間的失水率(圖 1)，兩品種(系)的差異不大，但在移入模擬販售期(謝 2000)3 日後(28℃)，對照品種失水率爲 0.64%，臺農 2 號則提高爲 1.02 %，此亦顯示臺農 2 號在檢疫處理後的失水速度較快且失水率大。在黃化程度的變化上(圖 2)，兩品系在檢疫溫度期間受到低溫的抑制，變化較不明顯，但在移入 5℃ 7 日後，臺農 2 號即低於對照品種，當再移入 28℃下 3 日後，秤錘種的色相角度變化値略爲降低(由 85.5 至 80)，幾乎維持原色，而臺農 2 號的色相角度則減少了 10.3 (由 79.8 降至 69.5，較接近 0 値的紅色)，顯示其果皮的褐化較明顯於對照品種。

綜合上述的調查結果，「臺農 2 號」在室溫下的失水率較對照品種爲低，果實的萎凋雖較秤錘爲不明顯，惟因其果肉質地較爲細緻、果肉軟，在儲架壽命及耐檢疫低溫性上則略遜於秤錘種，故較不宜於進行長途運輸及至需檢疫處理的國家地區來進行外銷，而應以就近供應內銷市場或以短距離且不需檢疫處理的國家來進行外銷(如香港)爲宜。

表 12. 臺農 2 號楊桃區域試驗之官能品評(嫁接後第 4 年)

Table 12. Comparison of the organic functions of carambola Tainung No.2 at difference regional trial (grafting after 4 years in 1988 to1999)

Cultivar	Astringent	Flesh texture and taste	Fiber	Aroma	Flavour value
Tainung No.2	Nil	Fine, soft	Less	Pale	8
Cheng Chui (CK)	Slighthy	Medium, mezzo hard	Slighthy	Pale	6

表 13. 臺農 2 號楊桃在室溫下之儲架壽命

Table 13. Comparsion of carambola Tainung No.2 in room temperature storage life in 1999

Cultivar	Days of 10% fruit scale level (days)	Storage life (days)	Flesh browning level
Tainung No.2	5	3~5	Obvious
Cheng Chui (CK)	10	7~10	Not obvious

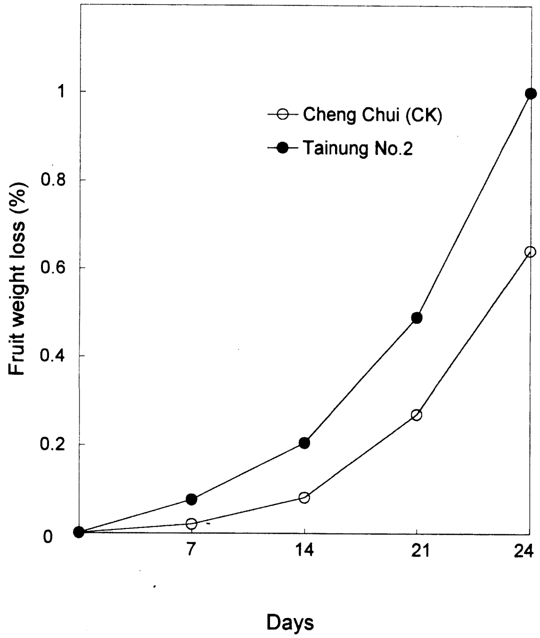


圖 1. 臺農 2 號楊桃在模擬外銷貯運期間之失重變化。

Fig 1. Changes in fruit weight of carambola to simulate export store low temperature 0˚C14 day and 5˚C7 days, and returned room 28˚Cfor 3 day.

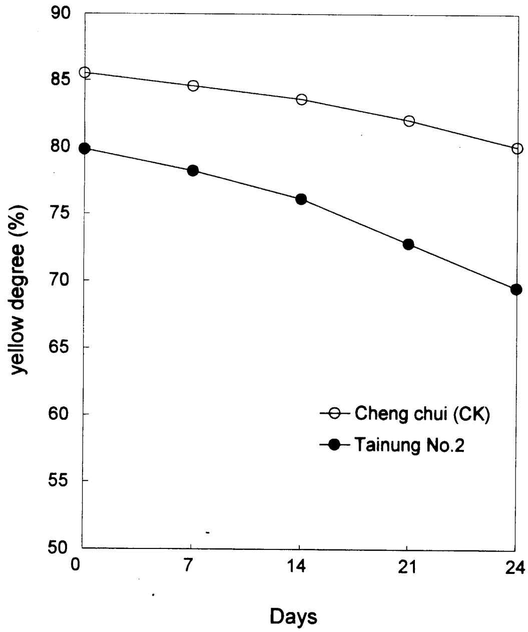


圖 2. 臺農 2 號楊桃在模擬外銷貯運期間黃化指數之變化。

Fig 2. Changes of fruit color degree of carambola stored at temperature 0˚C for 14 days and 5˚C for 7 days, and returned room temperature 28˚C for 3 day.

討　　論

臺灣目前所栽培楊桃的品種多是由實生變異而來的品種(如秤錘、二林...等)，由於未經系統性的選優汰劣，且這些品種的酸澀味較強，其他的品質特性也無法合乎現代消費者的需求，加上多年來主枝未進行更新修剪的結果，果實品質每況愈下，使得臺灣楊桃的消費群一直無法擴增，市場競爭力弱，有滯銷的壓力。而引進試種成果優異的「臺農2號」，在品質風味的表現上，均較現有的栽培品種為優，同時亦頗受一般消費大眾的喜愛，市場售價高；另外因市場對「臺農2號」楊桃的需求擴增，農民紛紛進行高接栽培的同時，無形中也間接更新了老化枝條，使楊桃樹勢恢復活力，再創生機。因此「臺農2號」使臺灣鮮食楊桃能達到品種多樣化、品質高級化的目標，亦能增加農民收益，對提高市場競爭力甚有助益。

「臺農2號」楊桃較喜於日均溫25℃以上且不易有寒害的生育環境，未來推廣栽培上仍以高屏地區為宜。

誌　　謝

本育種工作承蒙行政院農業委員會補助計畫經費。並承前助理研究員王武彰先生(已退休)之指導。工作進行中蒙劉文哲、尤仁舜、林榮三、連麗仙、林瑞芬等人於田間管理、嫁接、園藝性狀調查、果實品質分析及資料整理上之協助；陳加興、李春化、林素霞、江欣穎等農友提供試驗材料及試區，才能順利達成預期目標，謹此致謝。

引用文獻

王子慶、謝慶昌、林德勝。1997。甜楊桃果實外銷適性之研究。中華農業研究 46(3):278-293。

王武彰。1991。楊桃「臺農1號」之育成。中華農業研究 40:396-406。

王武彰。1994。著果部位對楊桃產量與品質之影響。中華農業研究 43:330-335。

臺南區農業改良場。1999。楊桃產期調適及品質改進研究 p.36-37。87年年報。臺灣省臺南區農業改良場編印，臺南。

肖邦森、謝江輝、雷新濤。2001。楊桃優質高效栽培技術 P.7-13。中國農業出版社。北京。

楊淑惠、王武彰。1993。秤錘種楊桃的貯藏品質。中華農業研究 42:387-395。

謝慶昌、林宗賢、王武彰、蔡平里。1985。楊桃花器形態與開花習性。中國園藝 31:157-163。

謝慶昌。2000。果實採收後之處理技術。P.261-264。楊桃綜合管理。楊秀珠編。行政院農委會農業藥物毒物試驗所印。臺灣　臺中。

鄭振鴻。1989。臺灣常用食物療效180種。聯經出版社，臺北。80 pp.

劉碧鵑。2000。栽培品種與性狀。P.195-199。楊桃綜合管理。楊秀珠編。行政院農委會農業藥物毒物試驗所印。臺灣　臺中。

Campell, C. W. 1996. Carambola production in the United States. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 33:47-54.

Campbell, C. A., D. J. Huber, and K. E. Koch. 1987. Postharvest response of carambola to storage at low temperatures. Proc. Fla. State Hort. Soc. 100: 272-275.

O'Hare, T. J. 1993. Postharvest physiology and storage of carambola : a review. Post. Bio. Tech. 2: 257-267.

Siti, H. A. and M. Y. Jaffar. 1992. Effect of harvest maturity on physical and chemical characteristics of carambola (*Averrhoa carambola* L.) New Zealand J. Crop Hort. Sci. 20:133-136.

Watson, B. J., A. P. George., R. J. Nissen and B. I.Brown. 1988. Carambola: a star on the horizon. Queensl. Argic. J. 114:45-51.

Carambola (*Averrhoa carambola* Linn.) new cultivar Tainung No. 2 - Jheng Gang[1]

Bi Juan Liou[2,3], Der-Nan Wang[2] and Tsung-Dao Liou[2]

Summary

Liou, B. J., D. N. Wang and T. D. Liou. 2003. Carambola (*Averrhoa carambola* Linn.) new cultivar Tainung No. 2 - Jheng Gang. J. Agri. Res. China 52:207-217.

Carambola (*Averrhoa carambola* Linn.) Tainung No. 2 , originally numbered 76-B-10, was selected from the breeding lines, introduced from Malaysia in 1987. After 14 years of observation on quarantine, environmental adaptation, line comparison test, regional trial, postharvest treatment, disease and insect pest resistance, the superior horticultural characteristics of this line has been confirmed. The naming review committee named the new variety 'Tainung No.2' ; commercial name Cheng Gang' .The new variety produces large fruit with long peduncle. The fruit has a nice shape, waxy yellow skin, high sugar, low acid and fiber, crisp, fine texture and delicate taste. The flowers has shortstyles, pale purple red petal variegated with white strip and the leaflet shape is oblong. The fruit harvesting season is from July through March of the following year, 8-9 month long. The new variety is suitable for growing in southern part of Taiwan, especially in Kaoshiung and Pingtung area.

Key words：Carambola, Introduction .

---

1. Contribution No.2163 from Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : June 14, 2003.
2. Assistant Researcher, Senior Horticulturist and Chairman, Department of Tropical Fruit Crops and Senior Horticulturist and Director, Respectively, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, ARI, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail : bich0509@fthes-tari.gov.tw ; Fax : (07)7315590.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:218~227 (2003)

不同辣椒品系辣味成分之分析及其加工 [1]

羅淑卿 [2,4]　王三太 [3]

摘　要

羅淑卿、王三太。2003。不同辣椒品系辣味成分之分析及其加工。中華農業研究 52:218-227。

本試驗利用本所栽種之多種辣椒品系，進行辣椒素含量之分析及辣味的感官品評以探討其相關性，結果顯示辣椒素含量介於 0~1%間，和感官品評出辣味數據二者之間有高度正相關(r=0.93)。辣椒醬之醃漬條件及調味配方方面：所需鹽度 14%以上，醃漬時間需 30 天，配方以蒜頭 10%、米酒 10%、味精 3%、糖 3%、沙拉油 20%為最佳，添加入茴香、花椒者會使評分降低，添加豆豉 5%者則會使顏色變暗，口味上較偏向豆瓣醬。

關鍵詞：辣椒、辣椒素、感官品評、醃漬。

前　言

辣椒(*Capsicum annuum* L.)之辣椒素含量影響其辣味的高低，辣椒素含量依品種(系)、栽培地區、季節及採收成熟度而異(張 1980；蔡 1974)。過去辣椒的辣味評定多以味覺的官能品評來判斷或以果實之辣椒素含量做為辣味程度之評定標準。至於官能品評數據與辣椒素含量之間的關連性則甚少有文獻報導。本試驗是就本所收集之辣椒品種(系)，進行辣椒素含量分析，並以味覺感官品評方法評定其辣味，建立兩者間之相關程度。由於市售辣椒醬之製造業者以添加高濃度的食鹽 18~20％醃漬辣椒防止其酸敗，並以長時間醃漬(數個月)，而醃漬條件及終點都僅以經驗判斷，缺乏科學化管理數據，且長時間醃漬需佔大量倉儲空間，出售前再添加胡蘿蔔汁或蕃茄汁稀釋辣椒醬的鹽度，降低了其風味。近年來國人逐漸重視養生保健之道，而儘量降低鈉鹽之攝取，因此，以不同鹽濃度之辣椒醃漬條件探討在不發霉情形下鹽度可降低之程度，及醃漬時間需多長？以供業者醃製辣椒醬之參考。

材料與方法

辣椒素含量之分析

依據 Margaret 等(1995)研發之方法進行各品系辣椒素含量之分析，供試品系為農試所園藝組所提供紅熟可供採收之辣椒。其中包含市售品種 601 為生生 193 種(生生種子公司)，603：群香種(農友種子公司)，604：美香種(農友種子公司)，619：四川種(農友種子公司)。

---

1. 行政院農業委員農業試驗所研究報告第 2164 號。接受日期：92 年 6 月 16 日。
2. 本所農化組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所園藝組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：shuchinl@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

材料製備：將 500 克去蒂生鮮之辣椒果實整個或切片後，置於烘箱中，以 58-60℃烘乾 2-5 天，取出磨碎，再以 1mm 的篩子過篩，未處理前可用塑膠袋貯存於 20℃、7 天。

辣椒素 Capsaicinoid 的萃取：將 0.25 克的磨碎樣品，加入 10ml 乙腈 (acetonitrile)，置於 120ml 的玻璃瓶中，於 80℃的水浴槽中加熱 4 小時，每小時須搖晃振盪一次，完全後置於室溫下冷卻。取 2-3ml 的上浮液以濾膜(0.45 μ m Waters Millex-HV filter)過濾，置於 2ml 的瓶中貯放於 5℃下，待 HPLC 分析。Capsaicin(Sigma,m2028)與 Dihydrocapsaicin(Sigma,M1022)溶於 100％乙腈爲標準樣品，配製 10ppm 至 100ppm 連續濃度爲標準溶液計算樣品中 capsaicin 與 dihydrocapsaicin 含量。

高效能液相層析之分析條件：測定儀器：Hitachi Pump(L-6000)、Detector(L-3000)、Integrator (D-2500)、Interface(D-6000)。檢出器：Fluorescence Spectrophotometer 螢光檢出器(Hitachi F-1000)激發波長設於 280nm，發射波長設於 338nm。層析管柱：逆反相層析管(reverse-phase chromatographic column)是一裝填有 silics/C-18(Waters Corp.) 之輻射壓縮 Nova-Pak，100×5mm size。以 100％甲醇(methanol, MERCK)：10％甲醇＝70：30 爲固定移動相溶液。流速控制：1ml /min。樣品注射量：10μl。

感官品評之方法

依據韓 (1991)研發之方法進行各品系辣椒辣味程度之分析。

品評員之篩選：由本所二十位喜歡辣味的熱心人員進行辣味強度之品評。

材料製備：取 0.5g 辣椒粉末，加 199.5g 之礦泉水於 90℃萃取 20min 後以濾紙過濾，再以 20℃礦泉水稀釋 10 倍後提供品評。參加評比人員先以 20℃礦泉水和無鹽餅乾清潔口腔，再將製備材料緩慢吞嚥 30 秒後評定分數；繼續以 20℃礦泉水和無鹽餅乾清潔口腔 1 分鐘後，再以 20℃礦泉水漱口，品評不同品種(系)材料時重複上述步驟，每次品評包含四個不同的品種材料，並作三重複；評分方式爲九分制，以較辣的品種雞心辣椒定爲 8 分，其餘評分方式爲 0 分表示沒有辣味，9 表示極辣，以此類推 。

辣椒醬之研製

依據吳(1980)及蔡(1980)之方法進行辣椒醬之研製。原料經清洗後，去蒂破碎，再加入不同鹽濃度(0~18％)鹽漬，下缸後，經日曬 1 個月後取出，經調味後拌炒煮沸，再經裝瓶、封瓶、倒立、冷卻即可。

色澤之分析

依據蔡(1974)之方法進行各品系辣椒色澤分析，以色差計(Model TC-I ,Tokyo Denshoku)測定讀取 L、a、b 值。

可滴定酸之測定

依據李(1980)之方法進行辣椒醬可滴定酸含量之分析。稱取 5g 辣椒樣品，放入研缽內，加適量海砂和蒸餾水，充分磨碎，浸出有機酸以濾紙過濾，收集濾液於 100ml 量瓶內，濾紙上的殘渣移至研缽內，加蒸餾水，再次浸出，同法過濾收集。然後洗滌研缽和濾紙上的殘渣，將其洗滌水加入量瓶內至全量爲 100ml。吸取 25ml 的試料溶液，移入於 100ml 三角瓶內，加 bromthymol blue-neutral red 混合指示劑，以 0.1N NaOH 溶液滴定並依下式，計算可滴定酸量，以乳酸計。

有機酸量=滴定量×F×0.009×100/S×1/25×100；F:0.1N NaOH 溶液力價；S:樣本量(g)

結　果

辣椒素含量之分析與官能品評之關連性

辣椒素之高效能液相層析圖如圖 1，測定出辣椒素含量介於 0~1％之間(表 1)，其中有部份品系因辣椒素含量甚低，無法偵測得。以迴歸分析發現 HPLC 法所測得之辣椒素含量與感官品評所得辣度數值呈高度正相關性(圖 2)。

表 1. 各品系辣椒辣椒素含量、色及感官品評數值

Table 1. Capsaicinoid contents, color and sensory evaluation score of various peppers

Pepper Sample code	%Cap^z	%Dihy^y	%Capn^x	L^w	a^w	b^w	ΔE^w	Pungency (Sensory score)
1	0.31	0.16	0.48	54.99	12.65	12.77	34.67	4.95
4	0.32	0.15	0.47	--	--	--	--	--
5	0.30	0.21	0.51	59.60	12.66	14.79	31.56	3.00
6	0.45	0.23	0.69	53.64	12.83	13.26	36.35	4.81
21	0.16	0.14	0.30	58.69	11.99	10.01	31.41	3.62
282	0.03	0.02	0.06	53.44	21.23	15.61	42.23	0.57
285	0.58	0.40	0.98	55.58	24.68	16.95	41.46	--
286	0.36	0.15	0.52	48.81	20.86	21.04	28.66	5.38
289	0.35	0.26	0.62	57.83	25.80	16.58	39.32	3.81
290	0.29	0.18	0.48	49.71	14.20	11.10	39.6	1.48
291	0.14	0.09	0.24	50.51	13.84	14.69	39.87	2.43
294	0.16	0.05	0.22	56.61	19.03	9.13	33.49	0.95
295	0.14	0.02	0.17	52.31	14.44	15.46	41.77	1.62
311	0.19	0.09	0.29	58.83	18.18	15.47	39.77	1.00
313	0.38	0.20	0.58	50.70	27.21	16.89	46.42	3.76
324	0.47	0.35	0.83	50.85	26.21	17.39	47.06	6.43
326	0.56	0.37	0.94	50.58	25.13	17.06	46.41	7.9
334	0.50	0.35	0.85	56.61	19.15	15.98	38.98	--
339	0.55	0.19	0.75	44.05	33.55	17.88	55.16	7.71
340	0.48	0.30	0.79	48.80	26.08	15.77	46.87	7.38
341	0.39	0.37	0.77	44.44	33.45	17.12	54.55	7.90
342	0.41	0.50	0.91	49.97	28.62	16.33	47.48	5.81
343	0.44	0.21	0.65	57.28	16.88	19.46	38.03	6.67
344	0.47	0.26	0.73	59.46	15.33	18.44	35.22	4.67
349	ND	ND	ND	50.35	20.54	15.48	42.84	0.81
352	0.14	0.11	0.25	49.67	21.55	16.53	44.44	1.19
355	0.17	0.14	0.32	49.92	27.46	17.24	47.24	2.86
360	0.25	0.18	0.43	49.10	27.72	17.58	48.95	3.19
363	ND	ND	ND	54.28	18.17	21.89	44.39	0.95
364	0.21	0.19	0.40	51.06	19.49	20.38	43.38	3.19
384	0.46	0.45	0.91	49.53	30.28	17.76	48.97	7.67
391	0.26	0.10	0.36	44.76	29.60	13.25	50.08	2.67
392	0.29	0.10	0.40	41.67	31.77	10.99	52.92	4.95
413	0.15	0.09	0.25	49.35	29.59	15.34	49.52	2.19
429	0.08	ND	0.08	52.79	30.07	14.00	43.82	0.86
432	0.22	0.19	0.42	52.26	19.95	16.92	41.80	3.29
433	0.17	0.15	0.32	50.73	25.29	14.18	43.83	1.90
440	0.13	0.04	0.18	48.52	20.18	12.08	43.07	1.62
450	ND	ND	ND	51.76	28.61	12.39	46.03	0.86
601u	0.19	0.08	0.27	51.85	24.12	15.55	43.40	1.81
603u	0.08	0.08	0.17	53.47	20.48	14.77	41.10	2.38
604u	0.12	0.11	0.23	49.90	24.87	15.27	44.61	2.10

z % Capsaicin, determined by HPLC.

y % Dihydrocapsaicin, determined by HPLC.

x %Capsaicinoids= Capsaicin+ Dihydrocapsaicin.

w Determined by using Hunter Colorimeter, Model D 25M-9.

601：Delicacy, Ever-Green Seed Co, 603：Group Zest, Known-You Seed Co, 604：Beauty Zest, Known-You Seed Co, 619：Szechuan, Known-You Seed Co.

表 1. 各品系辣椒辣椒素含量、色及感官品評數值(續)

Table 1. Capsaicinoid contents, color and sensory evaluation score of various peppers (countinued)

Pepper Sample code	%Cap[z]	%Dihy[y]	%Capn[x]	L[w]	a[w]	b[w]	ΔE[w]	Pungency (Sensory score)
605	0.10	ND	0.10	51.58	24.06	16.64	44.06	0.52
619[u]	ND	ND	ND	45.24	23.29	12.97	47.58	0.48
621	0.11	0.04	0.16	46.63	24.75	14.32	47.51	1.95
622	0.06	ND	0.06	45.69	24.26	14.88	49.48	0.14
624	0.37	0.13	0.50	45.83	26.92	15.45	49.52	4.33
625	ND	ND	ND	50.68	20.59	17.87	44.89	0.75
626	0.22	0.14	0.37	45.89	24.78	14.34	49.41	3.19
628	ND	ND	ND	43.67	25.10	14.33	50.66	0.90
630	0.53	0.26	0.79	46.38	31.19	18.62	50.25	7.43
631	0.04	ND	0.04	61.32	21.72	20.62	37.62	--
632	0.21	0.11	0.33	41.24	26.27	12.28	49.76	3.52
633	0.23	0.08	0.31	41.73	24.73	12.82	51.11	3.81
634	0.19	0.10	0.30	42.60	23.66	13.49	50.67	2.71
637	0.25	0.12	0.37	48.58	24.35	16.99	47.16	2.90
638	0.20	0.11	0.32	45.12	28.53	15.70	50.94	3.62
639	0.15	ND	0.15	49.25	27.54	16.84	47.70	3.00
640	0.22	0.14	0.36	52.27	21.19	13.49	40.94	2.95
641	0.32	0.14	0.47	53.24	21.22	14.18	40.37	4.57
642	0.21	0.08	0.30	49.03	23.94	13.50	44.82	2.90
643	0.07	ND	0.07	47.12	25.52	11.51	45.86	0.52
644	0.19	0.11	0.30	49.10	23.41	12.68	44.30	2.71
645	0.31	0.19	0.50	62.79	12.88	19.95	32.06	--
646	0.13	0.06	0.19	47.69	25.05	13.58	46.49	1.67
647	0.07	ND	0.07	44.33	29.52	11.68	51.98	0.5
648	0.04	0.02	0.07	43.14	32.56	16.19	53.63	0.75
649	0.06	ND	0.06	45.58	23.86	12.50	47.34	0.76
650	ND	ND	ND	40.29	32.11	14.13	56.14	0.50
651	0.10	ND	0.10	43.72	26.56	14.95	52.80	--
652	ND	ND	ND	41.03	26.63	13.24	52.85	0.75
653	0.09	0.06	0.16	45.44	29.03	14.64	51.25	0.50
654	0.02	ND	0.02	57.56	22.77	16.31	39.42	--
655	0.09	0.04	0.13	42.61	28.44	15.51	52.84	1.52
656	0.05	ND	0.05	40.32	28.32	13.35	54.11	0.33
657	ND	ND	ND	44.67	30.49	15.14	52.12	--
658	0.07	ND	0.07	42.27	30.25	13.66	53.47	2.10
661	0.11	0.10	0.21	54.53	22.53	19.94	44.55	2.25
670	ND	ND	ND	45.53	29.20	16.97	51.41	1.00
672	0.05	0.01	0.06	37.47	28.42	12.39	56.28	2.25
673	0.50	0.49	1.00	37.42	30.42	13.40	57.48	8.25
677	ND	ND	ND	44.23	30.24	15.17	53.69	0.52
679	ND	ND	ND	39.49	33.88	16.17	57.62	0.62
682	ND	ND	ND	38.92	27.16	14.75	56.15	0.75
683	0.14	ND	0.14	52.41	21.05	15.40	40.98	--
688	0.22	0.20	0.42	45.60	28.16	15.79	50.39	4.05
689	0.13	0.11	0.24	42.12	29.25	15.80	53.74	1.48
690	0.25	0.21	0.46	39.40	30.89	14.41	57.14	4.14
691	ND	ND	ND	42.40	30.13	14.59	54.15	0.81
692	0.09	0.32	0.41	46.89	27.30	16.35	51.60	0.75
693	0.05	ND	0.05	38.36	31.99	13.55	57.51	0.10
694	0.08	0.07	0.15	38.04	31.87	14.38	57.93	1.76
695	0.26	ND	0.26	61.95	13.29	19.11	33.66	--
697	0.10	0.05	0.16	42.18	30.27	16.07	54.27	2.25
735	0.44	0.16	0.61	49.52	84.17	13.14	44.41	7.14
740	0.10	0.08	0.19	47.01	28.03	11.73	50.71	1.50
741	0.23	0.13	0.36	49.47	25.41	13.88	45.40	4.33

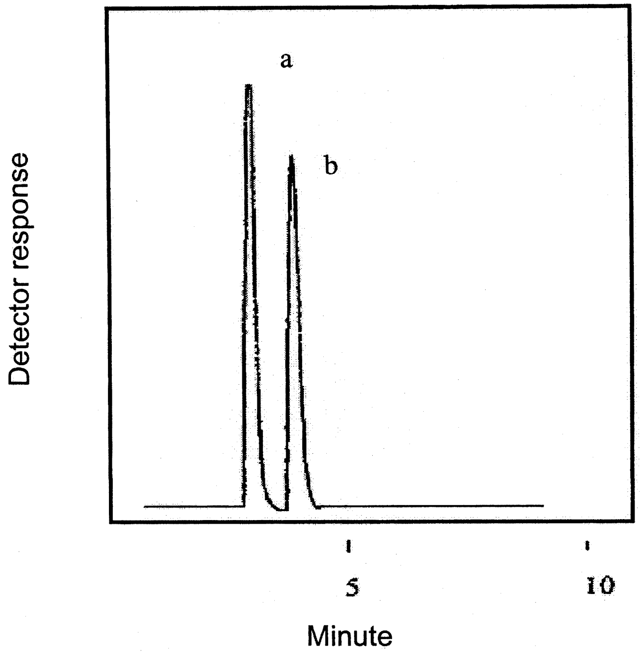


圖 1. 辣椒素之高效能液相層析圖。

Fig 1. High-performance liquid chromatogram of capsaicinoids. (a) capsaicin (b) dihydrocapsaicin.

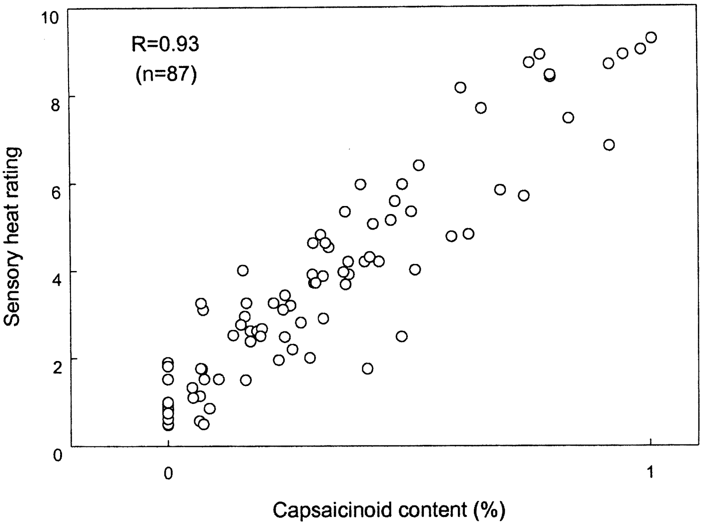


圖 2. 各品系辣椒素含量及感官品評數值之相關性。

Fig 2. Correlation between sensory evaluation score and capsaicinoid content.

辣椒醬之試製

生鮮辣椒添加不同鹽濃度後，置於室溫條件下發酵 31 天，再以肉眼觀察檢討其外觀上分裂酵母之發生情形，並以官能品評來判斷其風味之變化，所得結果顯示如表 2。其中添加 10％以下之食鹽量，於 10 天內皆可見分裂酵母之發生，且醃製汁液呈現混濁狀，而且有酸味發生，其酸產生量(以乳酸計)在 0.5％以上，並隨醃漬時間的延長，分裂酵母逐漸增多。添加 12％之鹽度者，醃漬至 25 天時有微酸味產生且汁液逐漸增濁，至 31 天時表面有分酵母之產生。添加 14％以上之鹽度者，醃漬時間內，皆未見有分裂酵母之發生，至 17 天就產生相當良好的風味，隨醃漬鹽濃度增加及時間之增長，其特殊芳香味產生愈濃厚。測定各處理間酸度(以乳酸計)之產生情形(圖 3)，在醃漬前 17 天，隨著醃漬時間之增加有機酸含量逐漸增加，且以低鹽度 10~12％者增加較多，其他各組鹽度隨著醃漬時間增長才有漸增之趨勢，但有機酸產生量仍不多。醃漬鹽度越低者不只有機酸會增加，在色澤上也呈現暗沉(圖 4)，如 10~12％鹽度之各組；而 14~18%之鹽度者，尤其是 16％、18％此二組，醃漬約 17 天時出油，辣椒醬呈現油油紅紅的，色澤非常亮麗。

辣椒醬之炒製配方

辣椒醬醃製完成後，以添加蒜頭和米酒爲基本炒製配方，再加入八角、茴香、花椒、香油、胡麻油、薑、醋等調味料炒製，品評結果如表 3，加入茴香、花椒者會使評分降低，加入香油 3%、薑 0.7%、醋 5%則會使評分增加，添加豆豉 5%者則會使顏色變暗。

討　論

所提供的眾多辣椒品系中，辣椒素含量高低不一，在味覺上，辣味程度亦落差極大，即有些辣椒吃起來非常辣，有些卻無辣味之感。和色差儀分析所測得的色度發現，辣度和辣椒本身顏色之深淺是無相關性的，並非辣度愈強者，辣椒色澤愈紅。由於每個人對辣味強度之接受度不同，故可根據此表依個人喜好的辣味程度挑選適合且色澤豔麗的品系供研製不同辣味等級的辣椒醬。由迴歸分析發現感官品評的辣味愈強，其辣椒素的分析値含量愈高，可見味覺吃起來愈辣，辣椒素含量愈高。在醃漬過程中，由於鹽份於 8%以下，所有菌皆可生長，因此低鹽份使得雜菌增生、產膜酵母之增加，更使得辣椒醬風味變差、汁液也因腐敗菌增生而變混濁，呈現醃漬食品之典型酸敗現象。高鹽份醃漬雖不發

表 2. 食鹽濃度對醃漬辣椒風味及分裂酵母發生之影響

Table 2. Effect of NaCl on the flavor and *Zygosaccharomyces* appearance of pepper paste during fermentation period

Fermentation period	Concentration of NaCl (%)									
(Days)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Paste flavor [z]										
3	I	I	II	II	III	III	III	III	III	III
10	I	I	I	I	II	II	III	III	III	III
17	I	I	I	I	I	II	III	III	IV	V
25	I	I	I	I	I	I	II	IV	V	V
31	I	I	I	I	I	I	II	IV	V	V
Yeast appearance [y]										
3	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−
10	++	++	++	++	++	+	−	−	−	−
17	++	++	++	++	++	++	−	−	−	−
25	++	++	++	++	++	++	−	−	−	−
31	++	++	++	++	++	++	+	−	−	−

[z] Flavor：I rancid tasty；II slightly rancid tasty；III light pepper paste tasty；IV Moderately pepper paste tasty；V strong pepper paste tasty with flavor

[y] Appearance of *Zygosaccharomyces*：＋＋ appeared；＋ slightly appeared；－ not appeared

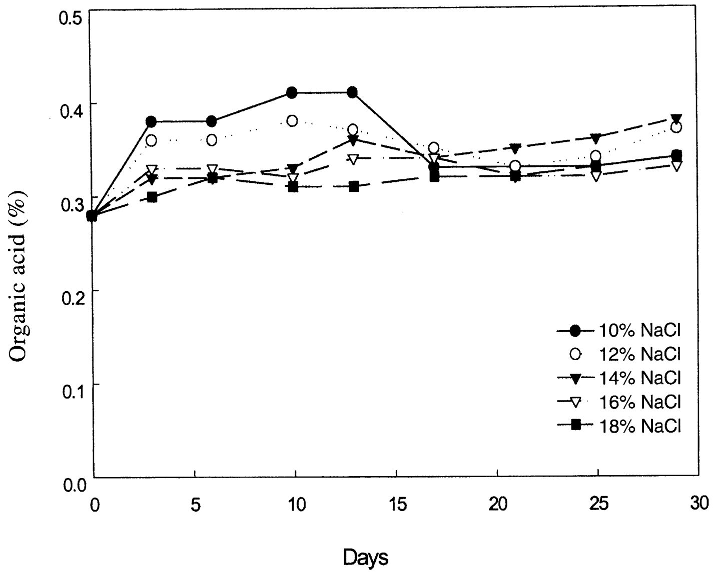


圖 3. 醃製期間鹽度對有機酸含量之影響。

Fig 3. Effect of NaCl concentration on organic acid content of fermented pepper during fermentation period.

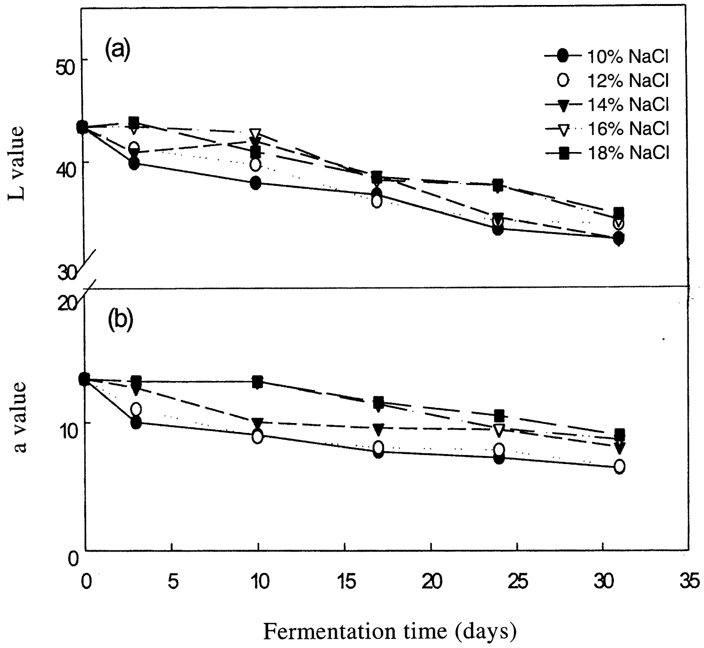


圖 4. 辣椒經不同鹽度醃製，醃製期間其色澤之變化情形。

Fig 4. Effect of NaCl concentration on the color of fermented pepper.

(a) L value (b) a value.

生酸敗，但需較長時間醃漬才會有較好的風味產生，由此試驗發現，爲兼顧辣椒醬之風味及品質，醃漬最低鹽份需爲 14%。將未經醃漬及醃漬好的辣椒醬(鹽度 18%)加以調味炒製，由品評結果，以醃漬者較未經醃漬者有較高之評分，因醃漬者有較特別之發酵香味是未經醃漬者無法媲美的，其中以添加蒜頭和米酒調味者最受品評員歡迎。若以此爲基本配方再加入八角、茴香、花椒、香油、麻油、薑、醋等調味料，結果因茴香、花椒味道過強，使辣椒香味失去而使評分降低。若加入香油 3%、薑 0.7%、醋 5%則會使香氣更濃而使評分增加。添加豆豉 5%者則會使顏色變暗，口味上較偏向豆瓣醬，但仍相當受歡迎。

由此試驗結果得知儀器分析之辣椒素含量與感官品評之辣度有極高之正相關，即辣椒素之含量可做爲辣椒辣味程度之指標。辣椒醬醃漬之鹽度使用量可降至 14％仍不致發生分裂酵母，使其變酸腐壞；醃漬時間以一個月爲適當。近年來，由於食鹽攝取過量，使得成人病(如高血壓、腦中風等)有明顯增加的趨勢，醃漬食物若能降低其鹽份含量並縮短醃漬時間，將可達到吃出健康之目標，此爲傳統發酵食品未來發展之方向。

辣椒醬之試製

生鮮辣椒添加不同鹽濃度後，置於室溫條件下發酵 31 天，再以肉眼觀察檢討其外觀上分裂酵母之發生情形，並以官能來判斷其風味之變化，所得結果顯示如表 2。其中添加 10%以下之食鹽量，於 10 天內皆可見分裂酵母之發生，且醃製汁液呈現混濁狀，而且有酸味發生，其酸產生量(以乳酸計)在 0.5%以上，並隨醃漬時間的延長，分裂酵母逐漸增多。添加 12%之鹽度者，醃漬至 25 天時有微酸味產生且汁液逐漸增濁，至 31 天時表面有分酵母之產生。而添加 14%以上之鹽度者，醃漬時間內，皆未見有分裂酵母之發生，且隨醃漬鹽濃度增加及時間之增長，其特殊芳香產生愈濃厚，尤其以 18％的食鹽濃度者，至 17 天就產生相當良好的風味。測定各處理間酸度(以乳酸計)之產生情形(圖 3)，在醃漬前 17 天，隨著醃漬時間之增加有機酸含量逐漸增加，且以低鹽度 10~12%者增加較多，其他各種鹽度隨著醃漬時間增長才有漸增之趨勢，但有機酸產生量仍不多。醃漬鹽度越低者不只有機酸會增加，在色澤上也呈現暗沉(圖 4)，如 10~12%鹽度之各組；而 14~18%之鹽度者，尤其是 16%、18%此二組，醃漬約 17 天時出油，辣椒醬呈現油油紅紅的，色澤非常亮麗。

辣椒醬之調味

將未經醃漬及醃漬好的辣椒醬(鹽度 18%)加以調味，由文獻、食譜得到之配方加以製成成品，基本調味料爲糖、味精、沙拉油，經由品評結果，以醃漬者較未經醃漬者有較高之評分，醃漬者有較特別之發酵香味是未經醃漬者無法媲美的，其中以添加蒜頭和米酒調味者最受品評員歡迎。若以此爲基本配方再加入八角、茴香、花椒、香油、麻油、薑、醋等調味料，結果添加入茴香、花椒者會使評分

表 3. 辣椒醬添加不同調味料調味炒製後，品評結果

Table 3. Effect of additive agents on the flavor of fermented pepper paste

	Treatment [z]					
Item	A	B	C	D	E	F
Color	8.61 a [y]	8.29 a	8.13 a	8.51 a	5.43 b	4.98 b
Flavor	4.26 bc	4.06 bc	4.61 bc	4.10 bc	3.59 c	7.66 a
Overall	4.24 bc	4.68 bc	5.12 b	4.12 bc	3.8 c	7.64 a

[z] A：monosodium glutamate 3%、sugar 3%、soybean oil 20%、garlic 10%、rice wine 10%；B：formula A + sesame oil3%、ginger 0.7%；C：formula A + sesame oil3%、ginger 0.7%、vinegar 5%；D：formula A + with sesame oil 3%；E：formula A + sesame oil 3%、anise 0.1%、Chinese prickly ash 0.1%；F：formula A + pickled black bean 5%；

[y] Means with the same letter in the same law are not significantly different ($p < 0.05$) according to Duncan's multiple range test analysis.

降低(表3)。若加入香油3%、薑0.7%、醋5%則會使評分增加。添加豆豉5%者則會使顏色變暗，口味上較偏向豆瓣醬，但仍相當受歡迎。

由此試驗結果得知儀器分析之辣椒素含量與感官品評之辣度有極高之正相關，即辣椒素之含量可做為辣椒辣味程度之指標。辣椒醬醃漬之鹽度使用量可降至14%仍不致發生分裂酵母，使其變酸腐壞；醃漬時間以一個月為適當。近年來，由於食鹽攝取過量，使得成人病(如高血壓、腦中風等)有明顯增加的趨勢，醃漬食物若能降低其鹽份含量並縮短醃漬時間，將可達到吃出健康之目標，此為傳統發酵食品未來發展之方向。

誌　　謝

本試驗承行政院農業委員會補助部份經費，文稿蒙本所農化組廖慶樑組長斧正，謹致由衷之謝忱。

引用文獻

吳筱惠。1980。農產品處理及加工-調味料及醬料。p.2322-2323 臺灣農家要覽農作篇(三)。農業委員會/豐年社。台北。

李秀、賴滋漢。1980。食品分析與檢驗。精華出版社。台中市出版。p.57。

張武男。1980。番椒。P.437-440.。臺灣農家要覽農作篇(二)。農業委員會/豐年社。台北。

蔡平里。1974。番椒果實辣味成分之研究II 不同成熟度對辣椒精含量之影響。科學農業 22:290-291。

蔡平里。1974。番椒果實辣味成分之研究III Ethrel浸漬催色處理之影響。科學農業 22:362-364。

蔡滄朝。1980。農產品處理及加工-農藝產品(調味料及醬料)。P.372-375.。臺灣農家要覽農作篇(三)。農業委員會/豐年社。台北。

韓建國。1991。番椒的辣味—(上)。食品工業 23(2):35。

韓建國。1991。番椒的辣味—(下)。食品工業 23(3):37。

Margaret D. C., L.M. Wasmund, and P.W. Bosland.,1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in capsicum using high-performance liquid chromatography. Hort Science 30: 137-139.

A Study on Capsaicin Contents of Different Pepper Lines and the Manufacturing for Pepper Pastes [1]

Shu-Chin Lo[2,4] and San-Tai Wang[3]

Summary

Lo, S. C., and S. T. Wang, 2003. A Study on capsaicin contents of different pepper lines and the manufacturing for pepper pastes. J. Agric. Res. China 52:218-227.

The correlations between capsaicinoid content and sensory evaluation, and the effect of different sodium chloride concentration and additive agents on the quality of pepper paste have been studied for providing more choice to the manufacturers and consumers. It was found that the capsaicinoid content and sensory evaluation was highly positively correlated (r = 0.93). This indicated that the degree of pungency in pepper could be determined by instrumental analysis. Rancidity didn't appear on pepper pastes under the condition of 14% sodium chloride or above for 30 days. The best condition for making pepper paste was found to be 10% garlic, 10% rice wine, 3% monosodium glutamate, 3% sugar, and 20% soybean oil. However, anise, chinese prickly ash would lower the sensory rating. Addition of 5% pickled black bean would make the pepper paste darker in color and tasted somewhat like bean paste, but still favorably accepted by consumer panel.

Key word： Pepper, Capsaicinoid, Sensory evaluation, Fermentation.

---

1. Contribution No.2164 from Agricultural Research Institute Council of Agriculture. Accepted : June 16, 2003.
2. Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Horticulture Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail：shuchinl@wufeng.tari.gov.tw; FAX: (04)23302805.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:228~237 (2003)

利用酵素去除葡萄柚汁苦味之成分[1]

簡伯容[2,5] 徐源泰[3] 楊淑惠[4]

摘 要

簡伯容、徐源泰、楊淑惠。2003。利用酵素去除葡萄柚汁苦味之成分。中華農業研究：52:228-237。

本研究探討利用酵素應用於葡萄柚汁去苦味加工的可行性，以及去苦味葡萄柚汁的品質變化與接受度。研究結果顯示未經去苦味酵素處理之葡萄柚汁於加工過程中，柚苦苷含量並無顯著的變化；除此之外，更進一步探討國人對葡萄柚汁苦味的接受性及在加工過程中直接添加去苦味酵素柚苦苷酶(naringinase)、α-L-鼠李糖苷酶(α-L-rhamnosidase)與β-D-葡萄糖苷酶(β-D-glucosidase)於葡萄柚汁作用後之接受度，研究結果發現去苦味酵素處理可去除葡萄柚汁中的柚苦苷，但不改變果汁中的一般成分，而品評試驗發現利用去苦味酵素 α-L-鼠李糖苷酶降低葡萄柚汁的苦味，可顯著提高消費者喜好度。

關鍵詞：去苦味、α-L-鼠李糖苷酶、柚苦苷、葡萄柚汁。

前 言

葡萄柚在園藝分類上屬於芸香科多年生常綠果樹，其學名爲 *Citrus paradis* Macf. 。葡萄柚中主要物質爲柚苦苷(naringin)，其由一個配醣體(aglycone)及一個鼠李糖-葡萄糖苷(rhamnoglucoside)所構成(倪等 1999)，而苦味的有無主要在於所含的雙醣類(glycoside)的種類，大多數的類黃酮物質 (flavonoids) 所含的雙醣類(glycoside)，由鼠李糖(rhamnose)和葡萄糖(glucose)所組成，主要的不同在於鼠李糖接在葡萄糖(glucose)上碳原子的位置不同，若鼠李糖與葡萄糖的連接是 1→2 鍵結，則具苦味，而 1→6 鍵結，則不具苦味(Horowitz & Gentili 1969)。

葡萄柚果汁中的主要苦味成分爲柚苦苷，可經柚苦苷酶(naringinase)水解去除之。一般而言，柚苦苷酶包括 α-L-鼠李糖苷酶(α-L-rhamnosidase, EC3.2.1.40)及β-D-葡萄糖苷酶(β-D-glucosidase)之活性，其水解柚苦苷之作用機制，主要分爲兩步驟，首先α-L 鼠李糖苷酶先作用，將柚苦苷水解爲鼠李糖及洋夸苷(prunin)，其中洋夸苷之苦味僅爲柚苦苷之三分之一。第二步驟β-D-葡萄糖苷酶作用，將洋夸苷水解爲葡萄糖及不具苦味之柚苷素(naringenin) (Remero 1985)。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告 2165 號。接受日期：92 年 7 月 4 日。
2. 元培科學技術學院食品科學系助理教授。臺灣省 新竹市。
3. 臺灣大學園藝學研究所教授。臺北市。
4. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員。臺灣省 高雄縣 鳳山市。
5. 通訊作者，電子郵件：jungchien@mail.yust.edu.tw; 傳眞機:(03)5385353。

在果汁加工方法中，由於葡萄柚榨汁容易，果汁穩定，但含有苦味。葡萄柚果汁在加工上存在的問題，主要在於其中所含有過量的苦味成分爲柚苦苷(Hour *et al.* 1980 ; Ting *et al.* 1986)，有時過多的苦味成分，常會造成消費者對葡萄柚果汁難以接受。而降低柚苦苷含量的方法可分爲吸附法及酵素法兩種。在吸附法方面，Robert & Chandler (1982)曾使用 Amberlite XAD-7 及 Deacidite - FFIP 等離子交換樹脂來去除苦味；Barmore (1986) 等人亦使用 Florisil (activated magnnesium silicate)來降低葡萄柚果汁中之苦味。一般而言，利用吸附法降低苦味的程度十分有限，且須考量吸附劑安全性的問題、操作成本及果汁懸浮物影響品質與安定性等因素，使得果汁工業上應用吸附法的實用性並不高。

在酵素法方面，由於酵素特異專一性及安全上接受性高，故較易被一般人接受。早期許多研究者以商業用粗酵素柚苦苷酶爲來源，用不同材質加以不溶性化，如 DEAE-Sephadex (Ono1977), tannnin-aminohexylcellulose (Park & Chang 1978), glass beads (Olson 1979), hollow fiber (Yeh & Tsen 1987), chitin (Tsen 1984)。虞 (1989) 將柚苦苷酶嵌入醋酸纖維中水解葡萄柚汁的柚苦苷。亦可將柚苦苷酶固定於 hollow fiber 薄膜上進行連續處理，在流速 45 ml/min 下處理，可將葡萄柚汁中的柚苦苷由 885μg/ml 降低爲 285μg/ml。根據 1998 年文獻報告，利用固定柚苦苷酶於包裝膜(醋酸纖維膜)上來降低葡萄柚汁中的苦味(Soares & Hotchkiss 1998)。

而共同固定化酵素法的問題主要爲將酵素固定於材質上時，往往造成酵素大量失去活性，且加工時酵素的穩定性不佳，另一方面擔體材質顆粒太小，很容易於操作過程中造成管路阻塞，不但降低去除苦味的效果，也使得加工流程難以連貫。因此本研究以單一純酵素直接添加於葡萄柚汁中，探討其品質與接受度。

首先探討葡萄柚汁加工過程中，柚苦苷含量的變化；以及添加去苦味酵素後，對葡萄柚汁成分的影響，據此探討葡萄柚汁在去苦味加工前後的成分是否有顯著差異；除此之外，希望更進一步探討國人對葡萄柚汁苦味的接受性及在加工過程中添加去苦味酵素柚苦苷酶、α-L-鼠李糖苷酶與 β–D-葡萄糖苷酶於葡萄柚汁作用後，對去苦味葡萄柚汁的接受度，藉此了解去苦味葡萄柚汁是否具有廣受市場歡迎的潛力，以供未來生物技術研究發展的參考依據。

材料與方法

葡萄柚汁的製造

原料來源爲雲林縣古坑鄉農會省產葡萄柚 (*Citrus paradisi*, Macf.)，果肉顏色爲紅色系，購自台北超市。葡萄柚經切半榨汁，過濾並除果肉，接著以 8,000g 離心 10 分鐘，在 91°C 下殺菌 12.7 秒(Kew *et al* 1957)，冷卻後於 –20 °C 下貯藏四星期後，進行柚苦苷含量的測定與分析。

添加去苦味酵素於葡萄柚汁的加工

葡萄柚經切半榨汁，過濾並除果肉，接著以 8,000×g 離心 1 分鐘，加入去苦味酵素柚苦苷酶(300 IU/g, from *Penicillium decumbens*) 0.5 mg/ml 或同時加入α-L-鼠李糖苷酶(10 IU/g, from *Penicillium decumbens*) 0.1mg/ml 及 β-D-葡萄糖苷酶(30 IU/mg, from Almonds) 0.1 mg/m1 酵素購自 Sigma, St. Louis, Mo) 反應 30 分鐘。在 91 °C 作用下殺菌 12.7 秒 (Kew *et al* 1957)，冷卻後於 20 °C 下貯藏四星期後，進行柚苦苷含量的測定與分析。

柚苦苷含量的測定與分析

將上述葡萄柚汁樣品，分別取 50%(v/v)的果汁樣品加入等體積無水乙醇混合均勻，經 8,000×g 離心 10 分鐘後後取上清液，以微孔濾器(0.45 μm)過濾後進行 HPLC(購自 JASCO Japan)分析。移動相組成爲 acetonitrile : H_2O=30/70，以 0.45 μm 膜過濾並脫氣，流速爲 0.8 ml/min。 HPLC 層析管柱爲 C-18 reverse phase column 層析管柱(購自 Mecrk KGaA, Darmstadt, Germany)，偵測器(UV detector)以波長爲 280 nm。樣品注入爲 20 μl，由層析圖之滯留時間與其積分面積來判定(Chien *et al.* 2001)。

水分的測定

坩堝前處理：坩堝浸泡 10%鹽酸溶液中加熱，再以去離子水洗淨。烘乾後置於乾燥器內冷卻約 30 分鐘，再精秤。重覆烘乾、冷卻、精秤操作直到恆重。

水分之定量：將乾燥貯藏的樣品精秤 5g 放入坩堝內，於 110°C 烘箱內烘乾 4～6 小時，取出立即置入乾燥器中，冷卻 30 分鐘取出秤重，由前後之失重計算出樣品中水分之重量。重複以上操作直到恆重。

pH 值的測定

樣品爲經去苦味酵素處理過的葡萄柚汁，與經去苦味酵素處理過的葡萄柚汁，取適量樣品於室溫下以 pH meter 測定。

可溶性固形物的測定

樣品爲未經去苦味酵素處理過的葡萄柚汁，與經去苦味酵素處理過的葡萄柚汁，取適量樣品於室溫下以 Hand refractometer (ATAGO, Japan) 測定，以 °Brix 表示之。

可滴定酸度的測定

樣品爲去苦味酵素處理過的葡萄柚汁，與經去苦味酵素處理過的葡萄柚汁。取 25 ml 的樣品並秤重加熱沸騰，冷卻後加入 100 ml 去離子水。以 0.1 N 氫氧化鈉溶液滴定至 pH 8.1 ，並以檸檬酸(分子量爲 192)爲計算標準， 其中 0.1N NaOH 的力價(f) ＝ 1.004。公式如下：

$$\text{可滴定酸度}(\%) = \frac{0.1\ \text{N NaOH 滴定的 ml 數} \times f \times 0.0064}{\text{樣本}} \times 100$$

醣類之分析

參考 Shaw & Wilson (1983)方法修改之。移動相組成爲水，以 0.45 μm 膜過濾並脫氣，流速爲 0.6 ml/min。 HPLC 層析管柱爲 Bio - Rad Aminex-HPX 87C (300×7.8 mm)，溫度爲 80 °C。偵測器爲 RI detector。樣品注入爲 20 μl，由層析圖之滯留時間與其積分面積來判定。

有機酸之分析

參考 Shaw & Wilson (1983)方法修改之。移動相組成爲 5 mM H_2SO_4，以 0.45 μm 膜過濾並脫氣，流速爲 0.6 ml/min。HPLC 層析管柱爲 Bio - Rad Aminex-HPX 87H (300×7.8 mm)，溫度爲 50 °C。偵測器(UV detector)以波長爲 210 nm。樣品注入爲 20 μl，由層析圖之滯留時間與其積分面積來判定。

蛋白質的含量

參照 PIERCE 公司 BCA Protein Assay Reagent 之方法。其原理利用 BCA (bicinchoninic acid)方法測定。於波長 562 nm 下測定其吸光値；以已知濃度 BSA (bovine serum albumin) 爲蛋白質標準品，繪製標準曲線，定量蛋白質含量。

維生素 C 的測定

主要參考參考 AOAC (1984) 第 43.064 節之方法。取 2 ml 抗壞血酸標準溶液(精秤 0.025 g 抗壞血酸，以 HPO_3 - HOAc 溶解並定量至 50 ml，使其濃度爲 50 mg/100 ml，每次使用時重新配置)，以 indophenol 溶液 (60 g HPO_3 及 160 ml 冰醋酸，加入 700 ml 蒸餾水並攪拌，待 HPO_3 完全溶解後定量至 1 L)滴定至粉紅色，且顏色維持三秒不變後，記錄所使用的 Indophenol 溶液體積，稱之爲標準溶液滴定數(A)。取 5 ml 果汁樣品並加入 5 ml HPO_3-HOAc，以 indophenol 溶液(0.042 g $NaHCO_3$ 以少許溫水溶解，再加入 0.05 g 2,6-dichlorophenol-indophenol,sodium salt 並攪拌使之溶解後定量至 200 ml，配置好的溶液過濾於褐色瓶中，於 5°C 貯存)滴定至粉紅色，且顏色維持三秒不變後，記錄所使用的 indophenol 溶液體積，稱之爲樣品滴定數(B)。

$$\text{抗壞血酸}(\text{mg}/100\ \text{ml}) = \frac{\text{B ml} \times 2\ \text{ml} \times 50\ \text{mg}/100\ \text{ml}}{\text{A ml} \times \text{樣品體積(ml)}}$$

色度的測定

取 15 mL 的果汁以色差儀(color and color difference meter, model ND-1001 DP, Nippon Denshoku KOGYO Co., LTD.)測定果汁中的 Hunter L、a、b 值(L 值爲亮度，當 L 值爲 100 時爲全白，L = 0 時，爲全黑；+a 表示紅色度，-a 表示綠色度；+b 表示黃色度，-b 表示藍色度)。所用之標準白板爲 X = 83.3, Y = 81.0, Z = 93.9，測定方法以透射方式進行。

品嚐試驗

果汁樣品經去苦味酵素加工後爲不同含量柚苦苷(0 ~ 600 ppm)的葡萄柚汁，以逢機方式供給 30 位台灣大學學生(男生 15 位，女生 15 位)，年齡範圍爲 20 ~ 35 歲。品評員的選擇對象爲對葡萄柚汁無特別喜好或厭惡者。依苦味接受程度給分，評分方式爲九分法，其中九分爲非常能接受，一分爲非常不能接受，並記錄與描述品評結果。品評實驗測定以 ANOVA 程式進行變域分析。

嗜好性品評

果汁樣品爲未經酵素處理與利用不同去苦味酵素處理的葡萄柚汁，以逢機方式供給 30 位台灣大學學生(男生 15 位，女生 15 位)，年齡範圍爲 20 ~ 35 歲。品評員的選擇對象爲對葡萄柚汁無特別喜好或厭惡者。依苦味、酸味、甜味及整體喜好程度給分，評分方式爲九分法，其中九分爲非常喜歡，一分爲非常討厭，並記錄與描述品評結果。品評實驗測定以 ANOVA 程式進行變域分析。

統計分析

每一處理將進行三重覆(triplicate, n=3)分析(品評試驗 n=30)，所有實驗將至少進行重覆兩次(repeated at least twice)。若重覆之結果相符，則擇一表示。實驗數據以套裝統計軟體 PC-SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., USA)進行 one-way ANOVA 組間差異分析(Least Significant Difference, LSD)。若兩組相符之機率 $p < 0.05$,則視爲具顯著差異。

結　果

加工過程對葡萄柚汁苦味降低之效果

研究結果顯示葡萄柚汁加工過程中，去除果渣後，柚苦苷大約降低 10 ppm，經離心分離、加熱殺菌及-20°C 貯藏後，洋夸苷幾乎沒有改變(如圖 1)。當去除果肉且經添加去苦味酵素處理(步驟三)後，柚苦苷明顯去除，而經離心、殺菌後洋夸苷沒有明顯變化，但柚苷素在殺菌後卻明顯降低，顯示去苦味酵素可以去除柚苦苷，除此之外，柚苷素在高溫下並不穩定，且易被破壞。至於冷凍貯藏後對於洋夸苷及柚苷素並無明顯變化(如圖 2)。

去苦味酵素加工處理後葡萄柚汁之成分變化

添加去苦味酵素作用於葡萄柚汁時，結果由表一顯示添加去苦味酵素與未添加酵素的葡萄柚汁的 pH 值並無顯著改變，pH 值約皆爲 3.3。經實驗結果葡萄柚汁中的有機酸主要爲檸檬酸和蘋果酸，前者量約爲 1.46g/100 ml，後者量約爲 0.2 g/100 ml，不論是否有添加去苦味酵素，檸檬酸和蘋果酸的含量沒有顯著差異(p>0.05)。但抗壞血酸因加熱殺菌後明顯被破壞，而添加去苦味酵素對其並無任何影響。至於可滴定酸度皆約爲 1.1%。葡萄柚汁醣類分析主要爲蔗糖、葡萄糖及果糖，於其添加去苦味酵素與否都沒有顯著改變。而於未添加去苦味酵素與添加去苦味酵素的葡萄柚汁中的可溶性固形物之差異並不大，大約爲 8.3 °Brix。同時去苦味酵素加工處理後葡萄柚汁之蛋白質的總量亦沒有顯著差異(p>0.05)。

葡萄柚汁於不同去苦味酵素處理後果汁的色度變化，係利用色差儀測得結果顯示加工後的葡萄柚汁(L=73.4)比新鮮的葡萄柚汁(L=65.9) (fresh squeezed grapefruit juice, NO.1)的 L 值高(表 2)。但經商業用去苦味酵素柚苦苷酶處理後(如圖 3, NO.3)，顏色明顯變黃，而 α-L-鼠李糖苷酶(如圖 3, NO.4)的加入時，葡萄柚汁的顏色與加工後(如圖 3, NO.2)的顏色相近，同時加入 α-L-鼠李糖苷酶和 β-D-葡萄糖苷酶(如圖 3, NO.5)比單獨加入 α-L-鼠李糖苷酶的顏色稍淺(如圖 3)。

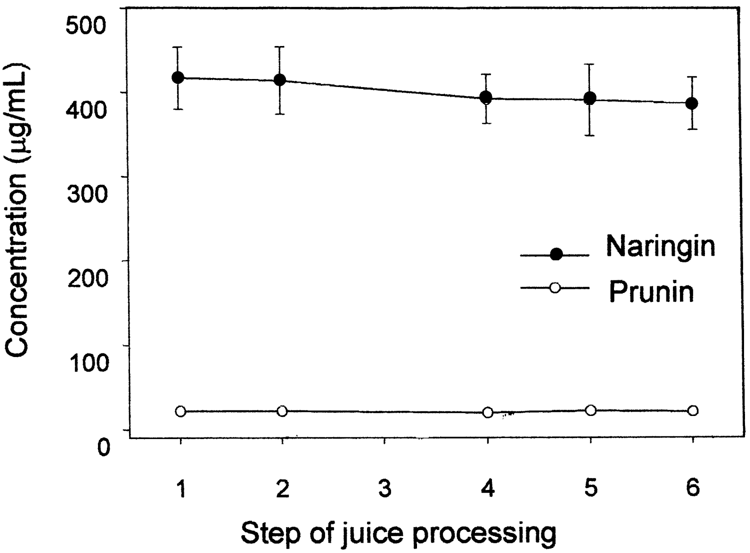


圖 1. 葡柚汁加工處理過程中苦味物質之變化 。

Fig 1. The changes of bittering components in grapefruit juice during juice processing. (1. squeezed; 2. filtration; 3. debittering enzymatic treatment by an enzyme mixture of α-L-rhamnosidase (0.1 mg/mL) and β-D-glucosidase (0.1 mg/mL); 4. centrifugation ; 5. pasteurization ; 6. after 4 weeks of storage at -20 °C).

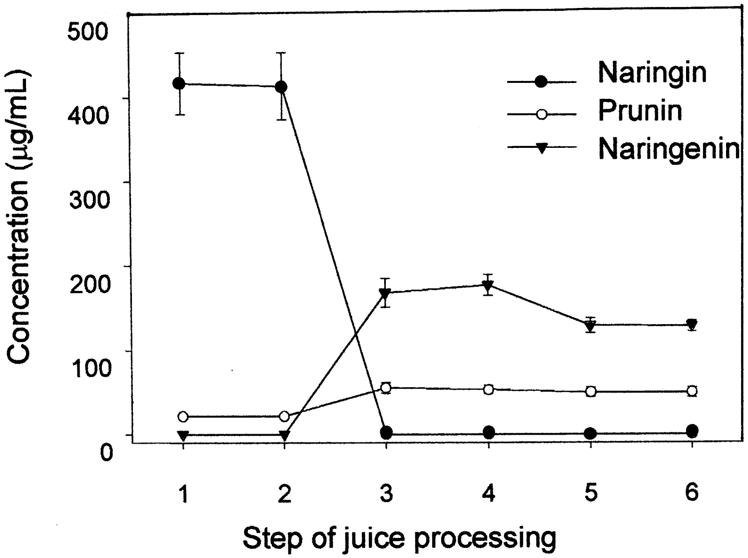


圖 2. 柚苦苷於葡萄柚汁經去苦味酵素加工處理後之變化。

Fig 2. The hydrolytic conversions of naringin to prunin and prunin to naringenin during debittering processing for grapefruit juice. (The naringin level in the juice blank was determined as 418.5 mg/mL. 1. squeezed; 2. filtration; 3. debittering enzymatic treatment by an enzyme mixture of α-L-rhamnosidase (0.1 mg/mL) and β-D-glucosidase (0.1 mg/mL); 4. centrifugation ; 5. pasteurization ; 6. after 4 weeks of storage at -20 °C).

表 1. 去苦味加工處理後葡萄柚汁之成分變化

Table 1. The changes of some components in grapefruit juice during debittering processing

Type of juice [z]	Water (%)	Total protein (mg/ml)	Sugars			
			Sucrose (%)	Glucose (%)	Frucose (%)	◦Brix
Gra juice (fresh)	89.8±0.4 [y] a [x]	2.0±0.4a	1.8±0.2a	2.0±0.2a	2.3±0.1a	8.0±0.2a
Gra juice (processing)	90.2±0.3a	1.9±0.7a	1.8±0.2a	2.0±0.2a	2.3±0.1a	8.0±0.2a
Nar juice	89.8±0.4 [y] a [x]	2.0±0.4a	1.8±0.2a	2.0±0.2a	2.3±0.1a	8.0±0.2a
R juice	89.8±0.4 [y] a [x]	2.0±0.4a	1.8±0.2a	2.0±0.2a	2.3±0.1a	8.0±0.2a
RG juice	89.8±0.4 [y] a [x]	2.0±0.4a	1.8±0.2a	2.0±0.2a	2.3±0.1a	8.0±0.2a
G juice	89.8±0.4 [y] a [x]	2.0±0.4a	1.8±0.2a	2.0±0.2a	2.3±0.1a	8.0±0.2a

Type of juice [z]	Acids				
	Titratable Acidity (%)	Citric acid (g/100 ml)	D,L-malic acid (g/100 ml)	Vit C (MG/100 ML)	pH
Gra juice (fresh)	1.1±0.2a	1.1±0.1a	0.2±0.1a	73.1±3.9a	48.7±2.5b
Gra juice (processing)	1.5±0.2a	1.5±0.3a	0.2±0.1a	3.2±0.2a	3.3±0.1a
Nar juice	1.1±0.2a	1.1±0.1a	0.2±0.1a	73.1±3.9a	48.7±2.5b
R juice	1.5±0.2a	1.5±0.3a	0.2±0.1a	3.2±0.2a	3.3±0.1a
RG juice	1.1±0.2a	1.1±0.1a	0.2±0.1a	73.1±3.9a	48.7±2.5b
G juice	1.5±0.2a	1.5±0.3a	0.2±0.1a	3.2±0.2a	3.3±0.1a

[z] Gra juice: Grapefruit juice; Nar juice: juice debittering by naringinase; R juice: juice debittered by a-L-rhamnosidase; RG juice debittered by a-L-rhamnosidase and β-D-glucosidase; G juice: juice debittered by β-D-glucosidase.

[y] Results are presented as mean ± S. D. The experiments were performed 3 times.

[x] Values within a column with the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

表 2. 去苦味酵素加工處理後葡萄柚汁 L, a, b 值之變化

Table 2. Changes of L、a、b values in grapefruit juice during debittering processing

The types of juice [z]	L	a	b
Fresh squeezed juice	65.9±1.5	6.6±0.9	7.6±1.1
Grapefruit juice processing	73.4±3.1	5.5±0.8	8.2±1.0
Nar juice	51.8±2.0	14.4±1.2	22.4±1.7
R juice	53.2±2.1	14.3±1.1	15.5±1.3
RG juice	53.2±2.4	13.3±0.9	13.8±1.1

[z] Nar juice; juice debittering by naringinase; R juice: juice debittering by α-L-rhamnosidase; RG juice: juice debittering by α-L-rhamnosidase and β-D-glucosidase. Values within a column with the same letter are not significantly different ($p>0.05$). The experiments were performed 3 times.

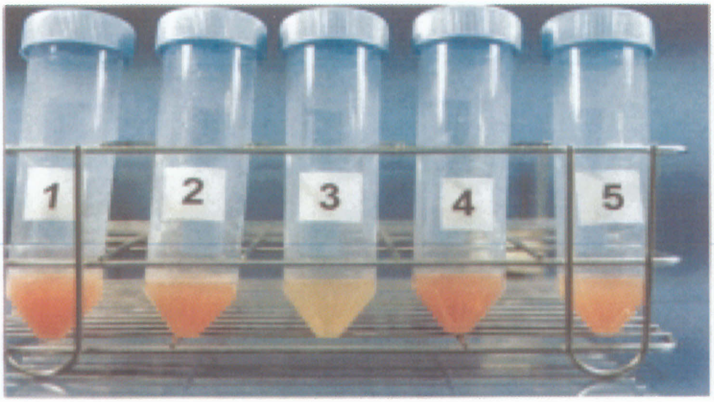


圖 3. 葡萄柚汁經去苦味酵素加工處理後之顏色變化。

Fig 3. The color changes of grapefruit juice debittered by different enzymes. (1. frseh grapefruit juice; 2. undebittered processing grapefruit juice; 3. naringinase debittered grapefruit juice; 4. α-L-rhamnosidase debittered grapefruit juice; 5. α-L-rhamnosidase and β-D-glucosidase debittered grapefruit juice.).

不同濃度柚苦苷之葡萄柚汁的接受度

根據美國農部(USDA)所屬的佛羅里達柑橘研究所(Florida Citrus Department)認爲 A 級的葡萄柚果汁其柚苦苷含量應低於600ppm以下(虞, 1989)，而歐洲的標準認爲柚苦苷應介於300~700ppm間 (Buffu *et al.* 1962)。而本研究依苦味喜好程度給分，評分方式爲九分法，其中九分爲非常喜歡，一分爲非常討厭，並記錄與描述品評結果。表 3 結果顯示國人對苦味的接受範圍爲小於 100ppm，苦味物質若大於 200ppm 便無法接受，故國人對苦味的接受性遠低於美國與歐洲，由此可知不同種族的人類對苦味的接受度有很大的差異。柚苦苷濃度於 100~200ppm 時，苦味平均接受性大爲提高。當柚苦苷小於 100ppm 時，國人平均接受度爲 6.4±1.2 分，其中男性接度爲 7.1±1.1 分，女性性接度爲 5.8±1.0 分。

不同酵素添加於葡萄柚汁之接受性

添加去苦味酵素降低苦味是本研究重點，根據表 4 之研究結果顯示添加去苦味酵素於葡萄柚汁的接受度較高。而未添加去苦味酵素的分數只有 2.0±0.8 分，其中以單獨添加 α-L-鼠李糖苷酶的喜好度最高，分數爲 6.5±1.2 分，其次是柚苦苷酶及同時加入 α-L-鼠李糖苷酶與 β-D-葡萄糖苷酶，分數依次爲 5.7±0.8 分及 6.0±0.8 分，且兩者並無顯著差異。

表 3. 品嚐者對葡萄柚汁含不同濃度柚苦苷之果汁的接受度
Table 3. The mean ratings of bitterness recipient for grapefruit juices with different concentrations

Concentration of naringin (ppm)	Male	Female	Average
≧ 500 ppm	1.6±0.9 [z] c [y]	1.6±0.9 b	1.6±0.9 c
200 ~ 300 ppm	2.1±0.8 c	1.9±1.0 b	2.0±0.9 c
100 ~ 200 ppm	5.7±1.4 b	5.5±1.5 a	5.6±1.4 b
≦ 100 ppm	7.1±1.1 a	5.8±1.0 a	6.4±1.2 a
0 ppm	6.5±1.4 a	6.3±1.1 a	6.4±1.3 a

[z] The score sheet was used numbered 0 through 9, where 0 indicated no intensity and 9 indicated extreme intensity (Hedonic scale).
[y] Values within a column fallowed by same letter sare not significantly different (p>0.05), according to sensory evaluation.

表 4. 品嚐者對不同酵素添加於葡萄柚汁之接受度
Table 4. The mean ratings of acceptance for grapefruit juice added the naringinase、α-L-rhamnosidase、α-L-rhamnosidase and β-D-glucosidase

Type of juice [z]	Male	Female	Average
Ori juice	2.1±0.9 c[y]	1.8±0.8 c	2.0±0.8 c
Nar juice	5.7±0.9 b	5.7±0.7 b	5.7±0.8 b
R juice	7.1±1.1 a	5.9±0.9 ab	6.5±1.2 a
RG juice	5.6±0.6 b	6.2±0.8 a	6.0±0.8 b

[z] Ori juice:fresh grapefruit juice; Nar juice:juice debittering by naringinase; R juice:juice debittering by α-L-rhamnosidase ; RG juice : juice debittering by α-L-rhamnosidase and β-D-glucosidase.
[y] The score sheet was used numbered 0 through 9, where 0 indicated no intensity and 9 indicated extreme intensity (Hedonic scale).
[x] Values within a column fallowed by the same letter sare not significantly different (p>0.05), according to sensory evaluation.

討　論

葡萄柚汁中主要的苦味物質爲柚苦苷，過去研究曾以添加-柚苦苷酶水解柚苦苷(方 1968)及共同固定化酵素法去除葡萄柚汁的苦味，其主要問題爲將酵素固定於材質上時，往往造成酵素大量失去活性，且加工時酵素的穩定性不佳，另一方面擔體材質顆粒太小，很容易於操作過程中造成管路阻塞，不但降低去除苦味的效果，也使得加工流程難以連貫(Yeh *et al.* 1987 ; Tsen 1984)。

本研究以單一純酵素直接添加於葡萄柚汁去除苦味，探討其品質變化與接受度。在加工過程中苦味物質柚苦苷並無明顯改變，且柚苦苷在加熱過程中非常穩定。去苦味酵素α-L-鼠李糖苷酶可以去除柚苦苷，除此之外，柚苷素在高溫下並不穩定，且易被破壞。至於冷凍貯藏後對於洋夸苷及柚苷素並無明顯變化。而去苦味酵素在葡萄柚汁中作用，對於葡萄柚汁的基本營養成分並沒有顯著差異。至於酵素處理葡萄柚汁之色澤問題，結果顯示加工後的葡萄柚汁(L=73.4)比新鮮的葡萄柚汁(L=65.9) (fresh squeezed grapefruit juice, NO.1)的 L 值高，可能是因爲加熱殺菌、離心後使蛋白質變性沈澱，導致透明度增加。

由此可知，添加去苦味酵素會影響果汁的呈色，且添加不同的去苦味酵素會有不同的影響。以商業用去苦味酵素柚苦苷酶處理葡萄柚汁，造成果汁顏色明顯變黃的情形，推測其原因可能是商業用去苦味粗酵素含有多種酵素活性，破壞了葡萄柚汁中的色素成分，例如可能將花青素(anthocyanin) 中的糖苷水解爲花青配質(anthocyanidins)，進而造成花青物質的色澤改變。

添加去苦味酵素於葡萄柚汁中，顯示國人男性對苦味的接受度及喜好度較女性佳，所以除了人類種族的不同外，不同性別對苦味的接受度也有很大差異。當葡萄柚汁未添加任何酵素處理時，苦味呈現非常強烈，遮掩了葡萄柚汁的酸味；當加入柚苦苷酶或同時加入α-L-鼠李糖苷酶和β-D-葡萄糖苷酶，都比單獨加入 α-L-鼠李糖苷酶於葡萄柚汁的喜好度低，原因可能是葡萄柚汁的苦味物質完全去除時，相對上果汁的酸味表現增強，而使果汁的喜好度降低。因此適度的降低苦味，比完全去除苦味的喜好度佳，且不失葡萄柚汁的原始風味。

因此，本研究結果顯示，一般葡萄柚汁的加工過程前後柚苦苷的含量並無顯著變化；然而添加去苦味酵素後，葡萄柚汁中的苦味成分可顯著降低，而且果汁的一般營養成份均無顯著改變。另一方面，品評試驗發現利用去苦味酵素降低葡萄柚汁的苦味，可顯著提高消費者喜好度，因此直接利用去苦味酵素α-L-鼠李糖苷酶作用於葡萄柚汁具有相當程度之可行性。

引用文獻

方祖達。1968。柚苷酶柑桔 flavanone-glycoside 水解之研究(I)(II)。中國園藝 14(1, 2): 137-147。

倪元穎, 張欣, 葛毅強。1999。溫帶、亞熱帶果蔬汁原料及飲料製造。中國輕工業出版。中國大陸。150 pp。

虞積凱。1989。利用纖維不溶性化柚苦苷酶去除果汁中之苦味-水解柚苦苷及移除檸檬苦素。國立中興大學食品科學研究所碩士論文。110 pp。

A.O.A.C., 1984, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists , 14th. Washington, DC. No. 43.064.

Barmore, C. R., J. F. Fisher, P. J. Fellers, and R. L. Rouseff. 1986. Reduction of bitterness and tartness in grapefruit juice with florisik. J. Food Sci. 51: 415-416.

Buffu, A., and P. Bellenot. 1962. Variation de la teneur on naringine du jus de pomelo par rapport a la technologie de fabriication fruits. J. Food Sci. 17:497-483.

Chien, P. J., F. Sheu, and Y. T. Shyu. 2001. Monitoring enzymatic debittering in grapefruit juice by high performance liquid chromatography. J. Food Drug Anal. 9: 22–27.

Fisher, J. F., and T. A. Wheaton. 1976. A high-pressure liquid chromatographic method for the resolution and quantitation of naringin and naringenin rutinoside in grapefruit juice. J. Agric. Food Chem. 24: 898-899.

Horowitz, R. M., and B. Gentili. 1969. Taste and structure in phenolic glycosides. J. Agric. Food Chem. 17: 696-700.

Hour, S. S., E. M. Ahmed, R. D. Carter, and K. C. Huggart. 1980. Color and flavor qualities of white grapefruit watermelone juice mixture. J. Food Sci. 45:1419-1421.

Kew, T. J., M. K. Veldhuis, O. W. Bissett, and R. Patrick. 1957. The Effect of Time and Temperature of Pasteurization on the Quality of Canned Citrus Juices. U. S. Depantment of Agaicultire No. 77. Washington, D. C. 220 pp.

Olson, A. C., G. M. Gray, and D.G. Guadagni, 1979. Naringin bitterness of grapefruit juice debittered with naringinase immobilized in a hollow fiber. J. Food Sci. 44:1358-1360.

Ono, M. T., and C. Ichiro, 1977. Preparation and properties of naringinase immobilized by ionic binding to DEAE-sephadex. J. Ferment. Technol. 55:493-500.

Park, N. H., and H. N. Chang. 1978. Preparation and characterization of immobilized naringinase on porous glass beads. J. Ferment. Technol. 57:310-316.

Rober, L. J., and B. V. Chandler. 1982. Reduction of bitterness and acidity in grapefruit juice by adsorptive processing. J. Sci. Food Agric. 33:287-293.

Romero, C., A. Manjon, J. Bastida, and J. L. Iborra. 1985. A method for assaying the rhamnosidaes activity of naringinase. Anal. Biochem. 149:566-571.

Soares, N. F. F., and J. H. Hotchkiss. 1998. Naringinase immobilization in packaging films for reducing naringin concentration in grapefruit juice. J. Food Sci. 63:61-65.

Shaw, P. E., and C. W. Wilson. 1983. Debittering citrus juices with β-cyclodextrin polymer. J.Food Sci. 48:646-647.

Tsen, H. Y. 1984. Debittering of grapefruit juice with immobilized naringinase. Natl. Sci. Counc. 9:871-888.

Yeh, C. M., and H. Y. Tsen. 1987. Characterization of naringinase from *Penicillum sp*. immobilized on chitin. J. Chinese Agric. Chem. Soci. 25:378-386.

Utilizing Enzyme for Reducing Bitterness in Grapefruit Juice[1]

Po - Jung Chien[2,5], Yuan - Tay Shyu[3] and Shu - Hui Yang[4]

Summary

Chien, P. J., Y. T. Shyu, and S. H. Yang. 2003. Utilizing enzyme for reducing bitterness in grapefruit juice. J. Agric. Res. China 52:228-237.

The objectives of this study were to evaluate the applicability of α-L-rhamnosidase in debittering grapefruit juice and to investigate the quality and acceptance of the enzymaticly debittered juice. When the processed juice was not enzymaticly debittered, its naringin content was not significant'y changed (p>0.05). In addition, the acceptance of processed juices that were debittered using naringinase, α-L-rhamnosidase and β-D-glucosidase, respectively, were further studied. Results show that the processes of enzymatic debittering can hydrolyze the bitter flavanones, but not interfere the other constitutions of the juice Compared with the undebittered juice, the acceptance of debittered one was significantly increased. These results suggest that enzymatic debittering using α-L-rhamnosidase could promote the acceptance of people for grapefruit juice.

Key words： Debittering, , α-L-Rhamnosidase , Naringin and Grapefruit juice.

---

1. Contribntion No,2165 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : July 4, 2003.
2. Assistant Professor, Department of Food Science, Yuanpei University of Science and Technology, Hsinchu, Taiwan, ROC.
3· Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Assistant Researcher, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, ARI, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail : jungchien@mail.yust.edu.tw ; Fax : (03) 5385353.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:238~246 (2003)

玉米幼苗乾物累積重與銨同化酵素活性間之相關 [1]

謝光照 [2,5]　曹文隆 [2]　吳慧茹 [3]　盧煌勝 [4]

摘　要

謝光照、曹文隆、吳慧茹、盧煌勝。2003。玉米幼苗乾物累積重與銨同化酵素活性間之相關。中華農業研究 52:238-246。

本試驗以玉米自交系和單雜交種各四個為材料，於溫室環境下，利用細砂為栽培介質，並於玉米不同株齡期進行 50 mM NH_4^+溶液連續澆灌 18 天後，調查幼苗乾物累積重與其銨同化酵素活性之表現。結果顯示 GS (glutamine synthetase)活性、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重和地上部／根部比值呈現隨株齡之增大而增加之趨勢。基因型間乾物質之累積量以 TA85-17×H95 最大，其次為 A661，最小者為 ICAL210 及 TA85-17。相關分析顯示地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重、地上部／根部比值及 GS 活性與株齡間呈極顯著正相關；而 GDH(glutamate dehydrogenase)活性及蛋白質含量與株齡間呈現顯著負相關，即表示 GDH 活性及蛋白質含量隨著株齡增大而遞減。GS、GOGAT(glutamate synthase)和 GDH 之間及其與乾物累積重間無相關性存在。蛋白質含量與 GDH 活性間為顯著正相關；而蛋白質含量則與地上部乾物累積重、根部乾物累積重及整株乾物累積重間呈極顯著負相關。

關鍵詞：玉米、銨、幼苗乾物累積重、銨同化酵素、相關。

前　言

氮肥為影響作物生產的主要因子之一，同時對地下水的水質也會影響。土壤中有效性氮大多以 NO_3^--N 型式為作物吸收及利用，由於 NO_3^-不易為土壤粒子所吸附，故常溶解於水中而進入地下水內，造成 NO_3^--N 對地下水的汙染日漸嚴重。當硝化抑制劑能提高其抑制效率且能用於氮肥之利用管理時，無疑的 NH_4^+-N 肥利用於作物的生產將更加重要，同時可減少氮肥對地下水的汙染。

Wu 等學者(1998)利用 11 個玉米自交系為材料進行銨的吸收速率與幼苗乾物重間相關之研究，顯示 11 個不同的基因型間對 NH_4^+的吸收速率與銨同化酵素活性存在明顯的差異，而銨的吸收速率與幼苗乾物重間則無顯著相關性存在。

---

1. 行政院農業委員會農業試所研究報告第 2166 號。接受日期：92 年 07 月 24 日。
2. 本所農藝組副研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立台灣大學植物學系助理。臺北市。
4. 本所前農藝組研究員，現任苗栗區農業改良場場長。臺灣省　苗栗縣。
5. 通訊作者，電子郵件：x486045@Wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

玉米植株對於 NH_4^+-N 與 NO_3^--N 均能加以吸收，但其利用的代謝效率兩者之間卻有所差異；在蛋白質的合成代謝上 NH_4^+-N 的利用效率高於 NO_3^--N 的利用效率(Schrader *et al.*1972)；而栽培於 NH_4^+-N 者比栽培於 NO_3^--N 者其植物組織中可累積較高濃度之氮量 (Handa *et al.*1984)。Friedrich 等學者(1979)、Friedrich & Schrader(1979)報告均指出玉米植株在吐絲期以後所吸收的 NO_3^--N 可能不被利用於籽粒的充實；而 Pan 等學者 (1984)研究指出若干多穗型(prolific)的玉米品種在籽粒發育期間並不吸收 NO_3^--N。雖然 NH_4^+比 NO_3^-具有較高的代謝效率，但高濃度的 NH_4^+當作氮肥時，可能會對碳的利用產生逆境(carbon stress)，因而限制植株的生長與發育，此乃因為少量的 NH_4^+在植物組織中累積，即會造成毒害作用 (Anderson & Done 1977；Pan *et al.* 1984)，而且在高銨濃度下之玉米根系，大部分由光合作用而來的碳骨架(carbon skeleton)被分流而轉用於 NH_4^+-N 的同化路徑，並藉由 glutamate synthase (GOGAT) / glutamine synthetase(GS)和 glutamate dehydrogenase(GDH)的催化使 NH_4^+-N 合成有機態的氮化合物(例如氨基酸及蛋白質)。Reisenauer(1978)、Tills & Alloway(1981)報告均指出植株生長在高濃度的銨下，其組織中會累積較多的 asparagine 和 glutamine。

目前的證據顯示 NH_4^+-N 肥用於作物的生產比 NO_3^- N 具有較高的利用效率，但現有的玉米雜交種在高 NH_4^+-N 肥下栽培時其產量的表現未必最佳；主要係因目前的育種計畫及選種皆在 NO_3^--N 佔優勢的環境下進行，不利於對 NH_4^+-N 具有高利用效率性狀與基因型的選留。因此要育成在 NH_4^+-N 環境下有高產量的雜交種，首先須對玉米的遺傳質進行鑑別其耐銨性程度，並評估銨同化酵素之活性與其乾物重間之相關性，以作為耐銨性遺傳研究和育種選拔之參考。

材料與方法

本試驗於溫室中，以玉米自交系 A661、H95、ICAL210、TA85-17(Wu et al. 1998)及單雜交種 H95×PH9、TA85-17×H95、ICAL210×A661、TA85-17×ICAL210 等八種基因型為材料，細砂為栽培介質，每基因型每重複播兩盆。每盆播 5 粒種子，然後選留較整齊一致的 3 株為樣品。株齡分-2 (剛播種)、0 (剛出土，但葉片未展開)、2 葉齡(2 片葉子完全展開)及 4 葉齡(4 片葉子完全展開)等四種。並於澆灌銨液前每一基因型，每種葉齡、每重複先清洗一盆(三株)作為未處理前之生長量數據，然後再進行銨溶液之處理。每天每盆(高 17.5 ×直徑 12.8cm)澆 500ml 經修改過的 Hoagland 營養液，其成分包括 50 mM $(NH_4^+)_2$ SO_4、2.5 mM K_2SO_4、4.0 mM $MgSO_4$、1.0 mM KH_2PO_4、1.1 mM $CaCl_2 \bullet 2H_2O$、23 μ M H_3BO_3、46 μ M $MnSO_4$、15 μ M $ZnSO_4$、16 μ M $CuSO_4 \bullet 5H_2O$、0.8 μ M $Na_2M_0O_4$ 和 100 μ M Fe-EDTA (Handa et al. 1984)。以 KOH 調整其 pH 值至 6.5。經澆灌 18 天後，再進行清洗根系，每一重複每一株齡的每一基因型各取 0.3g 的根，放入液態氮中極速冷凍，以作為分析銨同化酵素活性之用，其餘部分的地上部及根部則以 70℃之溫度進行烘 24hr 後，分別稱其地上部及根部之乾物累積重。銨同化酵素係由根淬取(Handa *et al.* 1985)，然後分析 GDH (Wallace 1973)，GOGAT(Dougall 1974)和 GS (Kanomori & Matsumoto 1972)等酵素之活性。蛋白質之定量係採用 Bradford (1976)之方法進行之。

各基因型於不同株齡期以 50 mM NH_4^+處理後所獲得銨同化酵素之活性與處理後所增加之乾物重(處理後之乾物重一處理前之乾重)等數據，依裂區設計，株齡為主區，基因型為副區，三重複，進行變方分析、平均值顯著性比較與性狀間之相關係數分析。

結　　果

變方分析與平均值之比較

本試驗以四個玉米自交系及四個單雜交種為材料，利用細砂為栽培介質，於玉米不同株齡期進行 50mM NH_4^+溶液處理，經連續澆灌 18 天後，清洗前調查其生育情形，在-2 葉齡期(剛播種)即刻澆灌 50 mM NH_4^+，經 18 天後，植株長至 4 葉齡期；而 0 葉齡期(剛出土，但葉子未展開)經 18 天後則長至

5 葉齡期；在 2 葉齡期，經處理 18 天後，植株長至 6-7 葉齡期；而在 4 葉齡期處理者經 18 天後則長至 9-10 葉齡期。在 0 至 4 葉齡期內，耐銨性較佳與不耐的基因型間，其植株生長量及高度呈現明顯的差異；但在-2 葉齡期內，基因型間之差異不很明顯。

銨同化酵素 GS、GOGAT、GDH、蛋白質含量、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重、地上部／根部比值等性狀變方分析之結果，顯示在基因型間、株齡間、株齡×基因型間之交感作用均表現極顯著差異(表 1)。由其平均值比較，則可看出 GS 活性呈現隨株齡期之增大而增加；而 GOGAT、GDH 之活性在株齡間則沒有規律可言，以-2 葉齡期處理者最大，其次為 4 葉齡期處理者，最低者為 2 葉齡期處理者。蛋白質含量之平均值，以-2 葉齡期處理者最大，其次為 2 葉齡期處理者，最小者為 0 葉齡期處理者。地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部之比值皆呈現隨株齡之增加而增大之趨勢(表 2)。而由基因型之平均值加以比較，可看出在 GS 的活性方面，以 TA85-17×H95 最高，其次為 A661，再其次為 H95，最低者為 TA85-17×ICAL210；就 GDH 的

表 1. 玉米不同株齡與基因型在 50 mM 銨濃度處理 18 天後其幼苗乾物累積重與銨同化酵素等性狀變方分析之均方值

Table 1. The mean squares from ANOVA for dry weight accumulation and ammonium assimilation enzyme activities, after 18 days supplemented with 50 mM NH_4^+ at different plant stages of maize seedling

Source	DF	GS activity	GDH activity	GOGAT activity	Protein content	Dry weight Shoot	Dry weight Root	Dry weight Total	Shoot/root ratio
Plant stage(P)	3	0.01294**[z]	0.13197**	0.00307**	15.47506**	430.00374**	7.66523**	570.80604**	35.39593**
Block/plant stage	8	0.00027	0.04443	0.00036	0.17551	0.64068	0.01203	0.39442	1.04729
Genotype(G)	7	0.00456**	0.02505**	0.00364**	1.77748**	35.34464**	0.79565**	45.17167**	5.47664**
P×G	21	0.00160**	0.02765**	0.00396**	0.72326**	12.91916**	0.22354**	15.18719**	6.31672**
E(b)	56	0.00016	0.00453	0.00038	0.23635	0.22952	0.02570	0.18366	0.34524

[z] ** Significantly different at 0.01 probability level, based on the analysis of variance.

表 2. 玉米不同株齡與基因型在 50 mM 銨濃度下處理 18 天後幼苗乾物累積重與銨同化酵素等性狀之平均值

Table 2. The mean values of dry weight accumulation and ammonium assimilation enzyme activities, after 18 days supplemented with 50 mM NH_4^+ at different plant stages and genotypes in maize seedlings

Source	GS activity (μ mole/min/g fw)	GDH activity (μ mole/min/g fw)	GOGAT activity (μ mole NDA+/min/g fw)	Protein content (mg/g fw)	Dry weight (g/3 plants) Shoot	Dry weight (g/3 plants) Root	Dry weight (g/3 plants) Total	Shoot/root ratio
Plant stange of treatment[z]								
-2	0.0359	0.4781	0.0886	4.214	0.8104	0.2058	1.0188	4.048
0	0.0500	0.3449	0.0737	2.571	2.8779	0.2821	3.4600	5.315
2	0.0808	0.3058	0.0617	3.850	3.0187	0.5671	3.5838	5.662
4	0.0829	0.3611	0.0800	2.775	10.4571	1.5271	12.1508	6.972
$LSD_{0.05}$	0.0134	0.0592	0.0144	0.335	0.6002	0.0855	0.4787	0.785
Genotype								
A661	0.0801	0.3628	0.0644	3.0309	5.6975	0.8842	6.5817	5.520
H95	0.0768	0.2989	0.0884	2.7828	4.9308	0.9000	5.8333	4.838
H95×PH9	0.0648	0.3385	0.0706	2.9832	4.8283	0.6967	5.5275	6.252
TA85-17×H95	0.0864	0.3660	0.0878	3.4542	7.0725	1.1042	8.1767	6.077
ICAL210	0.0498	0.3719	0.0541	3.3583	1.8642	0.2492	2.1133	6.234
TA85-17	0.0380	0.4393	0.1044	3.6293	2.6067	0.5708	3.1733	4.526
ICAL210×A661	0.0689	0.3713	0.0813	3.7878	4.2525	0.7483	5.0842	4.880
TA85-17×ICAL210	0.0347	0.4313	0.0573	3.7952	3.0759	0.6108	3.9367	5.190
$LSD_{0.05}$	0.0104	0.0550	0.0161	0.3976	0.3918	0.1311	0.3505	0.480

[z] -2: stage of seeds sown; 0:emergence stage of seedlings; 2:two leavies stage; 4: four leavies stage.

活性而言，以 TA85-17 及 TA85-17×ICAL210 較高，其次爲 ICAL210，最低者爲 H95；就 GOGAT 的活性而言，以 TA85-17 最大，其次爲 H95 和 TA85-17 ×H95，最小者爲 TA85-17 ×ICAL210；就蛋白質含量而言，以 ICAL210×A661 和 TA85-17×ICAL210 最大，最小者爲 H95；就地上部乾物累積重的表現，以 TA85-17×H95 最大，其次爲 A661，最小者爲 ICAL210；根部乾物累積重的表現，則以 TA85-17×H95 最大，其次是 H95 及 A661，最小者爲 ICAL210；整株乾物累積重的表現，以 TA85-17×H95 最大，其次爲 A661 及 H95，最小者爲 ICAL210；地上部與根部之比值則以 H95×PH9、ICAL210、TA85-17×H95 三者最大，最小者爲 TA85-17(表 2)。

不同株齡期玉米幼苗各基因型之乾物重與銨同化酵素活性之平均值

不同株齡期玉米幼苗在 50 mM NH_4^+溶液處理 18 天後，各基因型之乾物重與銨同化酵素等性狀之平均值列於表 3，由其結果知不同的基因型間存在者極顯著的變異。而各株齡期玉米幼苗之乾物累積重與銨同化酵素活性之最大值與最小值之基因型列於表 4，就 GS 的活性而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17×ICAL210；而 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17；在 2 葉齡期處理者，則以 ICAL210×A661 最大，其次爲 H95×PH9，最小者爲 H95 和 TA85-17×H95。在 4 葉齡期處理者，以 H95 爲最大，最小者爲 TA85-17。就 GDH 的活性而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 H95×PH9；在 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 最大，最小者爲 H95；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17 最大， 而 H95 最小；而 4 葉齡期處理者，則

以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就 GOGAT 的活性而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17×ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 A661 最大，其次爲 ICAL210 和 TA85-17，最小者爲 TA85-17×ICAL210；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17 最大，最小者爲 ICAL210 及 A661；在 4 葉齡期處理者，則以 H95 及 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就蛋白質含量而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 和 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17；在 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 和 ICAL210×A661 最大，較小者爲 A661 和 H95；在 2 葉齡期處理者，以 ICAL210×A661 和 TA85-17 最大，最小者爲 H95；在 4 葉齡期處理者，則以 TA85-17 表現出最大值，最小者爲 H95×PH9。就地上部乾物累積重之表現而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 2 葉齡期處理者，則以 H95 最大，其次爲 A661，最小者爲 ICAL210；在 4 葉齡期處理者，則以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就根部乾物累積重而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 和 A661 最大，最小者爲 ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 ICAL210×A661 最大，最小者爲 ICAL210；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 4 葉齡期處理者，則以 TA85-17 ×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就整株乾物累積重而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 及 ICAL210×A661 最大，最小者爲 ICAL210；0 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，其次爲 ICAL210×A661，最小者爲 ICAL210；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 4 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就地上部／根部比值而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17×ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 H95×PH9 最大，最小者爲 ICAL210×A661 及 H95；在 2 葉齡期處理者，以 ICAL210 最大，最小者爲 ICAL210×A661；在 4 葉齡期處理者，則以 ICAL210 最大，最小者爲 TA85-17。

性狀間之相關係數

由性狀間之相關係數(表 5)，可看出株齡與 GS、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部比值間均達顯著正相關；而株齡與 GDH、蛋白質含量間則爲顯著負相關；株齡與 GOGAT 間則無相關性存在。GS 與 GDH、GOGAT、蛋白質含量、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部比值間則無相關性存在。GDH 與 GOGAT、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部比值間則無相關性存在。而 GDH 與蛋白質含量間呈顯著正相關。GOGAT 與蛋白質含量、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地

表 3. 不同株齡期幼苗在 50mM NH_4^+濃度處理 18 天後各基因型之乾物累積重與銨同化酵素等性狀之平均值

Table 3. The mean values for dry weight accumulation and ammonium assimilation enzyme activities of genotypes at different plant stages of maize seedlings

Plant stage[z] of treatment	A661	H95	H95 × PH9	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17	ICAL210 × A661	TA85-17 × ICAL210	
				GS activity (μ mole/min/g fw)					
-2	0.044	0.049	0.012	0.052	0.044	0.040	0.030	0.017	$LSD_{0.05}{}^{y}$=0.021
0	0.064	0.056	0.072	0.090	0.036	0.012	0.054	0.015	
2	0.093	0.068	0.095	0.068	0.072	0.077	0.104	0.070	
4	0.120	0.134	0.080	0.135	0.047	0.023	0.088	0.036	
				GDH activity (μ mole/min/g fw)					
-2	0.389	0.494	0.298	0.604	0.515	0.550	0.455	0.498	$LSD_{0.05}$=0.110
0	0.348	0.179	0.417	0.191	0.406	0.421	0.324	0.477	
2	0.371	0.170	0.344	0.188	0.334	0.424	0.335	0.280	
4	0.343	0.351	0.298	0.481	0.233	0.341	0.371	0.380	
				GOGAT activity (μ mole NAD+/min/g fw)					
-2	0.065	0.101	0.119	0.130	0.050	0.096	0.097	0.051	$LSD_{0.05}$=0.032
0	0.124	0.087	0.032	0.028	0.110	0.111	0.080	0.018	
2	0.026	0.038	0.087	0.075	0.024	0.126	0.056	0.064	
4	0.043	0.127	0.044	0.121	0.032	0.085	0.092	0.097	
				Protein content (mg/g fw)					
-2	4.258	3.926	3.927	4.882	4.258	3.500	3.935	5.034	$LSD_{0.05}$=0.795
0	1.854	1.703	2.570	2.264	2.683	2.848	3.302	3.349	
2	3.774	2.936	3.761	3.678	3.621	4.376	4.577	4.075	
4	2.238	2.565	1.675	2.993	2.871	3.794	3.337	2.722	
				Shoot dry weight (g/3 plants)					
-2	1.04	0.62	0.78	1.24	0.34	0.77	1.15	0.55	$LSD_{0.05}$=0.78
0	3.46	2.48	3.81	3.96	1.12	1.79	3.60	2.82	
2	3.82	3.99	3.50	3.60	1.28	2.24	2.66	2.07	
4	14.47	12.64	11.21	18.50	4.72	5.64	9.61	7.87	
				Root dry weight (g/3 plants)					
-2	0.27	0.14	0.22	0.18	0.13	0.18	0.23	0.28	$LSD_{0.05}$=0.26
0	0.75	0.64	0.51	0.76	0.22	0.40	0.93	0.44	
2	0.70	0.76	0.53	1.02	0.19	0.47	0.57	0.31	
4	1.82	2.06	1.53	2.46	0.46	1.23	1.60	1.41	
				Total dry weight (g/3 plants)					
-2	1.31	0.76	1.01	1.41	0.47	0.95	1.38	0.84	$LSD_{0.05}$=0.70
0	4.21	3.12	4.32	4.72	1.33	2.19	4.53	3.26	
2	4.52	4.74	4.03	5.62	1.47	2.69	3.22	2.37	
4	16.29	14.70	12.74	20.96	5.18	6.86	11.20	9.28	
				Shoot/root ratio					
-2	3.80	4.35	3.51	7.03	2.54	4.28	4.93	1.95	$LSD_{0.05}$=0.96
0	4.63	3.84	7.48	5.24	5.14	4.44	3.87	6.44	
2	5.61	5.27	6.64	4.47	7.06	4.78	4.71	6.79	
4	8.05	6.29	7.37	7.57	10.28	4.61	6.02	5.59	

[z] -2: stage of seeds sown; 0:emergence stage of seedlings; 2:two leaf stage; 4: four leaf stage.

上部／根部比值間均無相關性存在。蛋白質含量與地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重間呈極顯著負相關；而蛋白質含量與地上部／根部比值間則無相關性存在。地上部乾物累積重與根部乾物累積重、整株乾物累積重間爲極顯著正相關；而地上部乾物累積重與地上部／根部比值間則爲顯著正相關。根部乾物累積重與整株乾物累積重間爲極顯著正相關；而根部乾物累積重與地上部／根部比值間則無相關性存在。整株乾物累積重與地上部／根部比值間爲顯著正相關。

表 4. 不同株齡期玉米幼苗在 50 mM NH_4^+ 濃度處理 18 天後各性狀之表現最小及最大值之基因型

Table 4. The genotypes of minimum and maximum for each character at different plant stages of maize seedling

Plant stage[z] of treatment	GS activity		GDH activity		GOGAT activity		Protein content	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
-2	H95 × PH9	TA85-17 × H95	A661	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17	TA85-17 × ICAL210
0	TA85-17	TA85-17 × H95	H95	TA85-17 × ICAL210	TA85-17 × ICAL210	A661	H95	TA85-17 × ICAL210
2	H95 TA85-17 × H95	ICAL210 × A661	H95	TA85-17	ICAL210	TA85-17	H95	ICAL210 × A611
4	TA85-17	H95	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	H95	H95 × PH9	TA85-17

Plant stage of treatment	Shoot dry weight		Root dry weight		Total dry weight		Shoot/root ratio	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
-2	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × ICAL210	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17 × ICAL210	TA85-17 × H95
0	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	ICAL210 × A661	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210 × A661	H95 × PH9
2	ICAL210	H95	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17 × H95	ICAL210
4	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17	ICAL210

[z] -2: stage of seeds sown; 0:emergence stage of seedlings; 2:two leaf stage; 4: four leaf stage.

表 5. 玉米幼苗之株齡,乾物累積重與銨同化酵素間之相關係數

Table 5. The correlation coefficients between plant stage, dry weight accumulation, and ammonium assimilation enzyme activities of maize seedling

Trait	Plant stage	GS activity	GDH activity	GOGAT activity	Protein content	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
GS activity	0.581**[z]							
GDH activity	-0.379*	0.029						
GOGAT activity	-0.119	0.231	0.319					
Protein content	-0.387*	0.130	0.468**	0.066				
Shoot dry weight	0.760**	0.097	-0.123	0.073	-0.483**			
Root dry weight	0.751**	0.094	-0.208	0.133	-0.475**	0.962**		
Total dry weight	0.760**	0.095	-0.145	0.079	-0.482**	0.998**	0.974**	
Shoot/root ratio	0.612**	0.037	-0.187	-0.287	-0.343	0.410*	0.257	0.389*

[z] *,** Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively, based on correlation coefficients analysis.

討　論

前人的研究顯示高濃度的 NH_4^+會造成玉米幼苗生長量減少及毒害作用，可能與根系周圍的酸化，減少根系對水分的吸收量和碳水化合的貯藏量(Givan 1979；Matsumoto *et al.* 1971；Salsac *et al.* 1987；Veening & Kleinendorst 1985)或 NH_4^+阻礙呼吸作用中電子之傳遞所致(Vines & Weddling1960；Weeding & Vines 1959)。而 Handa 等學者(1985)研究指出玉米生長時期不同，其接受 NH_4^+濃度的極限量及最適量也不同，相對的其生長速率也有所差異。本試驗以不同株齡之玉米自交系及雜交種爲材料，經 50 mM NH_4^+處理 18 天後，發現幼苗之地上部、根部和整株乾物累積重呈現隨著株齡的增大而增重(r**)，即表示玉米幼苗當株齡越大時，其所能容忍 NH_4^+的濃度越高，相對的其營養生長量越高；同時亦發現 GS 活性的大小亦呈現隨株齡的增大而增高之趨勢。由相關分析之結果，亦顯示株齡與 GS 活性的大小爲正相關；但株齡與 GDH 活性和蛋白質含量間則呈現負相關性，即表示隨株齡期之增大其 GDH 活性和蛋白質含量爲遞減之趨勢。可能因株齡越大時，對銨之耐性增強，相對的 GDH 的催化合成之作用重要性漸減，故其活性及含量也漸少，相對的植株中的蛋白質含量也較少。

玉米幼苗對 NH_4^+-N 濃度的容忍極限爲 10 mM (Xu *et al.* 1992)，因此當玉米自交系生長於 10～40 mM NH_4^+濃度內，其幼苗之地上部乾物重、根部乾物重及整株總物重之表現，在大部分基因型皆呈現相類似的生長反應，即隨著 NH_4^+濃度的增高，其乾物質的生長量呈下降之趨勢(Wu *et al.* 1998)。主要係由於高於容忍極限濃度的 NH_4^+-N 會對玉米幼苗產生毒害，此時根部須利用大量的碳水化合物使 NH_4^+-N 經銨同化酵素的催化轉變還原成無毒的有機態氮化合物，導致其營養生長量呈現較低之現象(Raven & Smith 1976)。但不同的基因型在高 NH_4^+濃度下，其對銨之耐性也有所不同((Wu *et al.* 1998)，本試驗在 50 mM NH_4^+濃度下，連續澆灌 18 天後，亦發現不同的基因型間其幼苗之地上部、根部及整株乾物累積重的表現有明顯的差異存在，與前人之結果相吻合。所使用的材料中以 TA85-17 ×H95 生長累積量最大，其次爲 A661，相對的其 GS 的活性也較高，分別爲 0.0864 和 0.0801 μ mole/min/g fw；而乾物質生長累積量最小的爲自交系 ICAL210 及 TA85-17，其 GS 的活性相對的也較小。

玉米根系吸收 NH_4^+-N 後，須藉由 glutamate synthase(GOGAT)、glutamine synthetase(GS)和 glutamate dehydrogenase(GDH)等酵素的催化完成 NH_4^+的同化作用以合成有機態的氮化合物(例如氨基酸、蛋白質)。本研究由各性狀間之相關分析顯示 GS、GDH 和 GOGAT 的活性三者之間並無相關連性存在；同時 GS、GDH、和 GOGAT 與幼苗乾物重間亦無相關性存在，亦即無法由單一銨同化酵素活性的高低來推測玉米幼苗其耐銨性程度，此結果與 Wu 等學者(1998)結論相符，顯示玉米幼苗耐銨性的表現受著複雜的基因系統共同控制。而 GDH 活性的大小與蛋白質含量間呈極顯著正相關，表示高銨濃度下玉米根中蛋白質含量的增加可能係由於 GDH 酵素大量形成所致 (Magalhase & Huber 1991)。而蛋白質含量與乾物重間之極顯著負相關，亦可能係植株爲了解除高銨濃度的毒害，將光合作用所合成的碳水化合物大部分用於合成銨同化酵素及銨同化作用合成無害有機態的氮化合物(例如氨基酸、蛋白質)，致碳水化合物的乾物重累積量相對減少。

引用文獻

Anderson, J., and J., Done. 1977. A polarographic study of ammonia assimilation by isolated chloroplasts. Plant Physiol. 60:504-508.

Bradford, M. N. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. Anal. Biochem. 72:248-254.

Dougall, D. K. 1974. Evidence for the presence of glutamate synthase in carrot cell cultures. Biochem. Biophys. Res. Commum. 58:639-646.

Friedrich, J. W., and L. E. Schrader. 1979. N deprivation in maize during grain filling. II. Remobilization of ^{15}N and ^{35}S and the relationship between N and S accumulation. Agron. J. 71:465-472.

Friedrich, J. W., L. E. Schrader, and E. V. Nordheim. 1979. N deprivation in maize during grain filling. I. Accumulation of dry matter, nitrate-N and sulfate-S. Agron. J. 71: 461-465.

Givan, C. Y. 1979. Metabolic detoxification of ammonia in tissues of higher plants. Phytochemistry 18:375-382.

Handa. S., H. L. Warren, D. M. Huber, and C. Y. Tsai. 1984. Nitrogen nutrition and seedling development of normal and opaque-2 maize genotypes. Can. J. Plant Sci. 64:885-894.

Handa, S., D. M. Huber, H. L. Warren, and C. Y. Tsai. 1985. Nitrogen nutrition and N-assimilation in maize seedlings. Can. J. Plant Sci. 65:87-93.

Kanomori, T., and H. Matsumoto. 1972. Glutamine synthetase from rice plant roots. Arch. Biochem. Biophys. 125:440-442.

Magalhase, J. R., and D. M. Huber. 1991. Response of ammonium assimilation enzymes to nitrogen form treatments in different plant species. J. Plant Nutr. 14:175-185.

Matsumoto, H., N. Wakiuchi, and E. Takahashi. 1971. Changes of some mitochondrial enzyme activities of cucumber leaves during ammonium toxicity. Physiol. Plant. 25:353-357.

Pan, W. L., E. J. Kamprath, R. H. Moll, and W. A. Jackson. 1984. Prolificacy in corn: its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1101-1106.

Raven, J. A., and F. A. Smith. 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plant in relation to intracellular pH regulation. New Phytol. 76:415-431.

Reisenauer, H. M. 1978. Absorption and utilization of ammonium nitrogen by plants. P:157-189. In: Nitrogen in the Environment. (Nielsen, D. R., and J. G. MacDonald eds.). Academic Press, New York.

Salsac, L., S. Chaillou, J.-F. Morot-Gaudry, C. Lesait, and E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. Plant Physiol. Biochem. (Paris) 25:805-812.

Schrader, L. E., D. Domska, P. E. Jung, Jr., and L. A. Peterson. 1972. Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn (*zea mays* L.). Agron. J. 64:690-695.

Tills, A. R., and B. J. Alloway. 1981. The effect of ammonium and nitrate nitrogen source on copper uptake and amino acid status of cereals. Plant and Soil 62:279-290.

Veen, B. W., and A. Kleinendorst. 1985. Nitrate accumulation and osmotic regulation in Italian ryegrass (*Lolium multiforum* Lam.). J. Exp. Bot. 36:211-218.

Vines, H. M., and R. T. Wedding. 1960. Some effects of ammonia on plant metabolism and a possible mechanism for ammonia toxicity. Plant Physiol. 35:820-825.

Wallace, W. 1973. The distribution and characteristics of nitrate reductase and glutamate dehydrogenase in maize seedlings. Plant Physiol. 52:191-196.

Wedding, R. T., and H. M. Vines. 1959. Inhibition of reduced diphospyridine nucleotide oxidation by ammonia. Nature 184:1226-1227.

Wu, H. R., G. J. Shieh, H. S. Lu, and C. Y. Tsai. 1998. Genotypic variations of maize seedlings in utilizing ammonium nutrition. Taiwania 43(4):261-272.

Xu, Q. F., C. L. Tsai, and C. Y. Tsai. 1992. Interaction of potassium with the form and amount of nitrogen nutrition on growth and nitrogen uptake of maize. J. Plant Nutr. 15:23-33.

Relationships between Ammonium Assimilation Enzyme Activities and Dry Weight Accumulation of Maize Seedling [1]

Guang-Jauh Shieh[2,5], Wen-Long Tsaur[2], Huey-Ru Wu[3]

and Hung-Shung Lu[4]

Summary

Shieh, G. J., W. L. Tsaur, H. R. Wu, and H. S. Lu. 2003. Relationships between ammonium assimilation enzyme activities and dry weight accumulation of maize seedling. J. Agric. Res. China 52:238-246.

To evaluate the relationships between ammonium assimilation enzyme activity and dry weight accumulation in maize seedling, seedlings of 4 inbred lines and 4 hybrids were grown in sand culture and supplemented with 50 mM NH_4^+ concentration at different plant stages in green house. Seedling harvested at 18 days after supplemented ammonium-nitrogen (NH_4^+-N) and determined for gross differences in dry mass and ammonium assimilation enzyme activities. The results revealed that the plant stage, genotype and genotype x plant stage interaction were significantly different for all traits in maize seedling. The GS (glutamine synthetase) activity, shoot dry weight accumulation, root dry weight accumulation, total dry weight accumulation, and the ratio of shoot/root were up follow by plant stages increasing. The TA85-17 x H95 has largest total dry weight accumulation, next by the A661 and the ICAL210 and TA85-17 has smaller total dry weight accumulation. The correlation analysis indicated that there has positive correlation between plant stages and GS activity, shoot dry weight accumulation, root dry weight accumulation, total dry weight accumulation, and the ratio of shoot/root in maize seedling. But there has negative correlation between plant stages and GDH (glutamate dehydrogenase) activity, protein content. Besides, the enzymatic activities of GS, GDH, and GOGAT (glutamate Synthase) and the increase of biomass in different genotypes of maize did not show any correlation relationship. Also there were non- correlation between ammonium assimilation enzymes activities and dry weight accumulation in maize seedling. The protein content and the GDH activity had positive correlation. But the protein content between shoot dry weight accumulation, root dry weight accumulation, total dry weight accumulation, and the ratio of shoot/root had negative correlation.

Key word : Maize, Ammonium (NH_4^+), Seedling dry weight accumulation, Ammonium assimilation enzyme, Correlation.

---

1. Contribution No.2166 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : July 24, 2003.
2. Associate Agronomist and Assistant Agronomist, Agronomy Division, ARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Department of Botany, National Taiwan University, Taipei. Taiwan, ROC.
4. Former Senior Agronomy, ARI. The Director of Miaoli DAIS, present. Miaoli, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e- mail:x486045@wufeng. tari. gov. tw ; Fax:(04)23302806.

中華農業研究

第五十二卷　第三期

中華民國九十二年九月出版

發行人：林俊義

總編輯：安寶貞

主　編：陳育信　黃淑華　楊舜臣　陳榮華

編審委員：

農藝組：王強生（主審）
呂秀英　陳一心　楊純明　劉新裕

園藝組：歐錫坤（主審）
王德男　施昭彰　徐信次　劉政道
劉邦基

農化組：廖慶樑（主審）
王鐘和　郭鴻裕　劉慧瑛　簡宣裕

植病組：張清安（主審）
安寶貞　羅朝村　程永雄　蔡武雄

昆蟲組：王清玲（主審）
何琦琛　陳炳輝　陳健忠　鄭　允
鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）
黃禮棟　蔡致榮

種原組：范明仁（主審）

農經組：潘德芳（主審）

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員

Vol. 52., No.3 Sept. 2003

JOURNAL

OF

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Chen, Yu-Hsin
Huang, Shu-Hua
Yang, Shen-Chen
Chen, Long-Hua

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)
Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Liang, Lien-Sheng (Agriculture Engineering)
Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Fan, Ming-Jen (Crop Genetic Resources)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei
Chen, Chien-Chung
Chen, Yi-Shin
Cheng, Ching-Huan
Cheng, Edward Yun
Cheng, Yung-Hsiung
Chien, Shiuah-Yuh
Guo, Horng-Yuh
Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu
Huang, Li-Dung
Liou, Pan-Chi
Liou, Tsung-Dao
Liu, Huey-Ing
Liu, Sin-Yie
Lo, Chaur-Tsuen
Lu, Hsiu-Ying
Shih, Jau-Chang
Tasi, Wu-Hsiung
Tsay, Jyh-Rong
Wang, Chong-Ho
Wang, Der-Nan
Yang, Chwen-Ming

Reviwers of the related fields are also invited from universities, and other research organizations

中華農業研究第五十二卷第三期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)2330-2301～5

編　輯
印製者：普林特印刷有限公司

地　址：台北縣三重市忠孝路二段三十八巷六號

電　話：(02)29845807

中華民國92年9月出版

Vol. 52, No.3 Sept. 2003

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Remote Detection of Changes in Vertical Canopy Radiant Temperature for Rice (TNG 67) Plants Subjected to Water Deficits with Infrared Thermal Imagery
....Chwen-Ming Yang··· 153

Yield and Grain Nitrogen Content in Relation to Leaf Color in Rice Cultivars TK 9 and TNG 67
....Jeng-Chung Lo and Yi-Shin Chen···166

Study on Nitrogen Mineralization Characteristics of Organic Materials
....Yu-Wen Lin, Tsang-Shen Liu and Chung-Ho Wang···178

Variation of Seedling Characters of Shiokari Rice and Its Dwarf Near-Isogenic Lines under Deep Seeding Condition
....................Shu-Ru Yang, Charng-Pei Li, Shu-Tu Wu and Fu-Sheng Thseng···191

Carambola (*Averrhoa carambola* Linn.) new cultivar Tainung No. 2 - Jheng Gang
....Bi Juan Liou, Der-Nan Wang and Tsung-Dao Liou···207

A Study on Capsaicin Contents of Different Pepper Lines and the Manufacturing for Pepper Pastes
....Shu-Chin Lo and San-Tai Wang···218

Utilizing Enzyme for Reducing Bitterness in Grapefruit Juice
....................................Po - Jung Chien, Yuan - Tay Shyu and Shu - Hui Yang···228

Relationships between Ammonium Assimilation Enzyme Activities and Dry Weight Accumulation of Maize Seedling
.........Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur, Huey-Ru Wu and Hung-Shung Lu···238

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

ISSN 037
9 770376 4
GPN02526
定價：新臺幣